HRVATSKE CESTE - HRVATSKE AUTOCESTE

OPĆI TEHNIČKI UVJETI

ZA RADOVE NA CESTAMA

KNJIGA V – CESTOVNI TUNELI

ZAGREB, PROSINAC 2001

Izradio: Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb, Janka Rakuše 1.

Koordinatori: Dr. sc. Petar Đukan, dipl.ing.građ.
Zdravko Tomljanović, dipl.ing.građ.

Redakcija: Ivan Banjad, dipl.ing.građ.
Mr. sc. Stjepan Bezak, dipl.ing.građ.
Mijo Ereš, dipl.ing.građ.

Recenzija: Dr. sc. Antun Szavits-Nossan

8-00 Opće odredbe i definicije:
Voditelj potpoglavlja: Mr. sc. Stjepan Bezak, dipl.ing.građ.
Suradnici: Ivan Banjad, dipl.ing.građ.
Mijo Ereš, dipl.ing.građ.

8-01 Pripremni radovi:
Voditelj potpoglavlja: Mijo Ereš, dipl.ing.građ.
Suradnici: Mr. sc. Stjepan Bezak, dipl.ing.građ.
Ranko Gradečak, dipl.ing.građ., dipl.ing.geod.
Ivan Banjad, dipl.ing.građ.

8-02 Tunelski iskop:
Voditelj potpoglavlja: Ivan Banjad, dipl.ing.građ.
Suradnici: Aljoša Dušek, dipl.ing.građ.
Ranko Gradečak, dipl.ing.građ., dipl.ing.geod.
Mr. sc. Branko Stojković, dipl.ing.građ.
Darko Šarić, dipl.ing.građ.

8-03 Podgrađivanje u tunelu:
Voditelj potpoglavlja: Aljoša Dušek, dipl.ing.građ.
Suradnici: Ivan Banjad, dipl.ing.građ.
Dr. sc. Jovo Beslać, dipl.ing.građ
Ranko Gradečak, dipl.ing.građ., dipl.ing.geod.
Mr. sc. Branko Stojković, dipl.ing.građ.
Darko Šarić, dipl.ing.građ.

8-04 Odvodnja:
Voditelj potpoglavlja: Mijo Ereš, dipl.ing.građ.
Suradnik: Zvonko Varga, ing.građ.

8-05 Hidroizolacija:
Voditelj potpoglavlja: Branimir Palković, dipl.ing.kem.tehn.
Suradnik: Mr. sc. Božidar Segedi, dipl.ing.kem.tehn.

8-06 Betonski radovi:
Voditelj potpoglavlja: Dr. sc. Jovo Beslać, dipl.ing.građ.
Suradnici: Mr. sc. Marijan Banovac, dipl.ing.stroj.
Mr. sc. Branko Stojković, dipl.ing.građ.

8. POGLAVLJE

CESTOVNI TUNELI

SADRŽAJ

8-00 OPĆE ODREDBE I DEFINICIJE 8-1
8-00.1 OPĆE ODREDBE 8-1
8-00.2 DEFINICIJE POJMOVA U CESTOVNOJ TUNELOGRADNJI 8-1
8-00.3 IZVJEŠTAJ O ISTRAŽNIM RADOVIMA 8-3
8-00.4 SIGURNOST RADA 8-3
8-00.5 KOLNIČKA KONSTRUKCIJA..... 8-4
8-00.6 PORTALI..... 8-4
8-00.7 SEPARATORI..... 8-4
8-00.8 PROMETNI ZNAKOVI I OZNAKE NA KOLNIKU..... 8-5
8-00.9 NORME I TEHNIČKI PROPISI 8-5
8-01 PRIPREMNI RADOVI 8-6
8-01.1 GRADILIŠTE..... 8-6
8-01.1.1 Izrada pristupa gradilištu..... 8-6
8-01.1.2 Izrada gradilišnih prometnica..... 8-6
8-01.1.3 Izrada skladišta eksplozivnih tvari 8-7
8-01.1.4 Izrada kompresorske stanice s cjevnim razvodom po gradilištu 8-8
8-01.1.5 Izrada priključka visokog napona i trafostanica (TS) 8-8
8-01.1.6 Izrada priključka za snabdjevanje gradilišta vodom 8-9
8-01.1.7 Odlaganje iskopnog materijala i odvod vode iz tunela 8-9
8-01.1.8 Ostalo 8-10
8-01.2 RADNO OKRUŽENJE 8-10
8-01.2.1 Općenito 8-10
8-01.2.2 Podnošenje dokumentacije 8-11
8-01.2.3 Izvođenje..... 8-11
8-01.2.4 Obračun radova i plaćanje 8-16
8-01.3 IZRADA PREDUSJEKA 8-16
8-01.3.1 Osiguranje čela predusjeka 8-16
8-01.4 NORME I TEHNIČKI PROPISI 8-17
8-02 TUNELSKI ISKOP 8-18
8-02.0 OPĆE NAPOMENE 8-18
8-02.0.1 Kategorizacija iskopa 8-18
8-02.0.2 Posebne odredbe 8-24
8-02.0.3 Izvedbeni projekt 8-25
8-02.0.4 Izvođenje 8-26
8-02.1 ISKOP 8-30
8-02.1.1 Stijenska masa I kategorije 8-31
8-02.1.2 Stijenska masa II kategorije 8-31
8-02.1.3 Stijenska masa III kategorije 8-32
8-02.1.4 Stijenska masa IV kategorije 8-32
8-02.1.5 Stijenska masa V kategorije 8-32
8-02.1.6 Prekoprofilni iskop 8-33
8-02.2 OBRAČUN ISKOPA 8-33

8-02.3 PLAĆANJE 8-37
8-02.4 NORME I TEHNIČKI PROPISI 8-38
8-03 PODGRAĐIVANJE U TUNELU 8-40
8-03.0 OPĆENITO 8-40
8-03.0.1 Podnošenje dokumentacije 8-40
8-03.0.2 Zapisi 8-40
8-03.0.3 Isporuka opreme i materijala 8-40
8-03.0.4 Geotehničko praćenje 8-41
8-03.0.4.1 Određivanje kakvoće stijenskih masa duž trase tunela 8-41
8-03.0.4.2 Program geotehničkih opažanja i mjerenja 8-42
8-03.0.4.3 Procedura geotehničkog praćenja gradnje tunela 8-47
8-03.0.5 Geodetska kontrola profila 8-48
8-03.1 RADOVI PODGRAĐIVANJA TUNELA 8-49
8-03.1.1 Mlazni beton 8-49
8-03.1.2 Čelik za armiranje 8-51
8-03.1.2.1 Armaturna mreža 8-51
8-03.1.2.2 Armaturne šipke 8-52
8-03.1.2.3 Armatura od čeličnih vlakana 8-52
8-03.1.2.4 Čelični lukovi 8-52
8-03.1.2.5 Piloti 8-54
8-03.1.2.6 Čelične platice 8-54
8-03.1.2.7 Sidra 8-55
8-03.1.2.8 Cijevni krov - pipe roof 8-58
8-03.1.2.9 Mikro piloti 8-59
8-03.2 INJEKCIONI RADOVI 8-59
8-03.3 OBRAČUN RADOVA I PLAĆANJE 8-61
8-03.4 NORME I TEHNIČKI PROPISI 8-62
8-04 ODVODNJA 8-64
8-04.0 OPĆENITO 8-64
8-04.0.1 Dokumentacija 8-64
8-04.1 ZAHVATI VODE 8-64
8-04.1.1 Zahvat manjih dotoka vode s izbijenog otvora 8-64
8-04.1.2 Zahvat velikih dotoka vode s izbijenog otvora 8-65
8-04.1.3 Zahvat vode drenažnim bušotinama 8-65
8-04.2 DRENAŽA 8-66
8-04.3 GLAVNA KANALIZACIJA 8-67
8-04.3.1 Kanalizacijska cijev 8-67
8-04.3.2 Kontrolna okna 8-68
8-04.3.3 Poprečni cijevni priključci 8-69
8-04.4 ŠUPLJI RUBNJACI 8-69
8-04.5 RUBNJACI 8-70
8-04.6 OKNA ZA ODRŽAVANJE I SIFONSKA OKNA 8-70
8-04.7 NORME I TEHNIČKI PROPISI 8-71
8-05 HIDROIZOLACIJA 8-73
8-05.0 OPIS 8-73
8-05.0.1 Uvjeti kakvoće materijala 8-73
8-05.1 IZRADA HIDROIZOLACIJE 8-76
8-05.1.1 Podloga od mlaznog betona 8-76
8-05.1.2 Postavljanje podložnog sloja od geotekstila 8-77
8-05.1.3 Postavljanje izolacijskog sloja 8-77
8-05.1.4 Zaštita izolacijskog sloja 8-77
8-05.2 KONTROLA KAKVOĆE 8-78
8-05.2.1 Prethodna ispitivanja 8-78
8-05.2.2 Tekuća ispitivanja 8-78
8-05.2.3 Kontrolna ispitivanja 8-79

8-05.3 OBRAČUN RADOVA I PLAĆANJE ……..…..… 8-80
8-05.4 NORME I TEHNIČKI PROPISI ……..……..… 8-80
8-06 BETONSKI RADOVI …..…..…….....……..…….. 8-81
8-06.0 ZAHTJEVI ZA SASTAV BETONA ……..…..…. 8-81
8-06.0.1 Obradivost ……..……. 8-81
8-06.0.2 Vrijeme skidanja oplate, čvrstoća kod skidanja oplate ……... 8-82
8-06.0.3 Izbjegavanje stvaranja pukotina …….……..….. 8-82
8-06.0.4 Upotrebna svojstva ……..… 8-83
8-06.1 OSNOVNI SASTOJCI BETONA ……..……. 8-84
8-06.1.1 Cement ……..…..……. 8-84
8-06.1.2 Mineralni dodaci ……..…… 8-85
8-06.1.3 Agregat ……..…..… 8-85
8-06.1.4 Voda …… 8-86
8-06.1.5 Kemijski dodaci ……..……. 8-86
8-06.2 POTVRĐIVANJE SUKLADNOSTI ……..… 8-87
8-06.3 KONTROLA PROIZVODNJE (KONTROLNO ISPITIVANJE I ISPITIVANJE PRILIKOM PREUZIMANJA) ……. 8-87
8-06.4 IZVEDBA BETONSKIH RADOVA ……. 8-87
8-06.4.1 Općenito ……. 8-87
8-06.4.2 Priprema za betoniranje ……..…… 8-89
8-06.4.3 Proizvodnja i ugradnja betona ……..……..… 8-94
8-06.4.4 Zahtjevi i mjere nakon ugradnje betona …….…… 8-95
8-06.5 POSEBNI POSTUPCI …… 8-97
8-06.6 OBRAČUN RADOVA I PLAĆANJE ……..……..… 8-99
8-06.7 NORME I TEHNIČKI PROPISI ……..…..…..… 8-100

8. POGLAVLJE

CESTOVNI TUNELI

8-00 OPĆE ODREDBE I DEFINICIJE

8-00.1 OPĆE ODREDBE

U ovom 8. poglavlju OTU propisuju se minimalni zahtjevi kakvoće za materijale, proizvode i radove koji se koriste kod izvođenja radova u cestovnim tunelima. OTU su pisani na način da su dio ugovora, a da se uvjeti koji se odnose na posebne radove uključe u ugovor kao Posebni tehnički uvjeti (PTU).

Materijali, proizvodi, oprema i radovi moraju biti izrađeni u skladu s normama i tehničkim propisima navedenim u projektnoj dokumentaciji. Ako nije navedena niti jedna norma obvezna je primjena odgovarajućih EN (europska norma). Ako se u međuvremenu neka norma ili propis stavi van snage, važit će zamjenjujuća norma ili propis.

Izvođač može predložiti primjenu priznatih tehničkih pravila (normi) neke inozemne normizacijske ustanove (ISO, EN, DIN, ASTM, ...) uz uvjet pisanog obrazloženja i odobrenja nadzornog inženjera. Tu promjenu nadzorni inženjer odobrava uz suglasnost projektanta. Izvođač je dužan promjenu unijeti u izvedbeni projekt.

OTU obuhvaćaju građevinske i ostale radove na cestovnim tunelima, a ne sadrže tehničke uvjete za izvedbu specifične tunelske opreme koja se za lokalne uvjete veoma razlikuje (ventilacija, rasvjeta, razna mjerenja i dojave, protupožarne mjere, automatiku, regulaciju i upravljanje napajanja i transformaciju električne energije i sl.).

U koliko projekt tunela sadrži neke od navedenih sklopova, opreme i radova, projektant je dužan u glavnom projektu priložiti i Posebne tehničke uvjete (PTU) za ove radove, te će isti biti sastavni dio ugovora.

8-00.2 DEFINICIJE POJMOVA U CESTOVNOJ TUNELOGRADNJI

Opći pojmovi i izrazi te njihovo značenje u ovim Općim tehničkim uvjetima navedeni su u 0. poglavlju. Ovdje se definiraju samo neki izrazi koji nisu dani u 0. poglavlju, a odnose se na ovo poglavlje.

Tunel je podzemna građevina ispod površine terena koji osigurava prostor za različite namjene i s jednim ili oba kraja izlazi na površinu.

Cestovni tunel je podzemna građevina koja osigurava prostor za odvijanje cestovnog prometa.

Galerija je uobičajan naziv za tunel koji je s jedne bočne strane otvoren.

Okno je vertikalni potkop manjeg presjeka.

Potkop je tunel manjeg presjeka.

Kalota je gornji dio (zakrivljen) iskopa poprečnog profila tunela.

Ostatak profila (bench) je preostali dio iskopa do punog profila tunela.

Tunelska niša je izgrađeni prostor van osnovnog profila tunela.

Portalna građevina je posebno izgrađena građevina na ulazu i izlazu iz tunela.

Svod je zakrivljeno krovište podzemne prostorije, konstrukcija koja u obliku luka premošćuje i zatvara podzemni otvor.

Kruna je najviša točka poprečnog presjeka tunelske primarne ili sekundarne obloge.

Oporac ili zid je bočni dio tunela između kalote i temelja obloge tunela.

Podnožni svod je konstrukcija u obliku luka koja premoščuje i zatvara podzemni otvor ispod kolničke konstrukcije.

Nosiva obloga tunela je betonska ili armirano betonska konstrukcija u tunelu koja je dimenzionirana tako da prima sile podzemnog pritiska u svim presijecima.

Obloga tunela je betonska ili armirano betonska konstrukcija koja služi kao zaštita prometa u tunelu.

NATM je skračenica od **N**ew **A**ustrian **T**unneling **M**ethod (nova austrijska tunelska metoda) i označava metodu iskopa i izgradnje tunela

TBM je skračenica od **T**unnel **B**oring **M**achine i označava metodu izgradnje tunela koristeći ove strojeve za iskop i izgradnju tunela.

Cut and cover označava metodu izgradnje tunela s površine terena primjenjujući iskop s površine izgradnju tunela te zatrpavanje istog do površine terena .

Primarna podgrada je konstrukcija koja osigurava stabilnost podzemnog otvora kod iskopa.

Sidra dio su primarne podgrade, a cilj im je aktivirati spregnuto djelovanje između okolne stijene i mlaznog betona.

SN-sidra načinjena su od rebrastih čeličnih šipki i potpuno su povezana cementnim mortom sa okolnom stijenom. Rupa se ispunjava masom za injektiranje prije postavljanja sidra.

PG-sidra (naknadno injektirana ili injekciona sidra) načinjena su od rebrastih čeličnih šipki sa pričvršćenim crijevom. Injektira se nakon postavljanja sidra kroz crijevo.

IBO-sidra (injekciona samobušeća sidra) su kombinirani sustav štapnog sidra i šipke za bušenje. Tijekom bušenja sidro se koristi kao šipka za bušenje učvršćena sa bušaćom krunom. Šipka i tjeme ostaju u bušotini kao štapno sidro, koje se zalijeva kroz otvor za ispiranje. U slučaju urušavanja bušotina, ovaj sustav još uvijek omogućuje postavljanje štapnih sidara.

Swellex štapna sidra (trenjem fiksirana štapna sidra) su mehanički sklopljene čelične cijevi. Visoki pritisak vode napuhava cijev i prilagođuje njen oblik nepravilnostima bušotine.

Ekspanzijska sidra su sidra s ekspanzijskom glavom na vrhu koja se ugradnjom širi te čvrstim kontaktom sa stijenom omogućuje stabilnost podzemnog otvora.

8-00.3 IZVJEŠTAJ O ISTRAŽNIM RADOVIMA

Izvještaj o istražnim radovima (geološkim, geotehničkim i drugim) služi kao podloga za izradu glavnog projekta.

Izvještaj o provedenim istražnim radovima je sastavni dio dokumentacije na osnovi koje se izdaje građevna dozvola. Investitor predaje primjerak izvještaja o istražnim radovima izvođaču i nadzornom inženjeru za praćenje i kontrolu uvjeta izvođenja radova na trasi i objektima.

Izvještaj o istražnim radovima sadrži predviđene geološke i geomehničke uvjete na trasi koji se odnose na opis stijena i ostalog prirodnog materijala te na ostale informacije i tumačenja. Izvođač treba izvještaj proučiti i donijeti vlastite zaključke o prirodi materijala iskopa, stupnju i težini izrade, o osiguranju iskopa i izvođenju drugih radova koji su uvjetovani geološkim obilježjima gradilišta.

Sukladno Zakonu o gradnji ovlašteni revident glavnog projekta u pogledu mehaničke otpornosti i stabilnosti pregledava izvještaj o istražnim radovima zajedno s ostalim dijelovima glavnog projekta koji su izrađeni na temelju tog izvještaja.

Ako je glavnim projektom ili zahtjevom ovlaštenog revidenta potrebno provesti prilikom građenja dodatne istražne radove, izvođač radova dužan je naručiti i osigurati njihovu izradu, te o tome sastaviti izvještaj u okviru izvedbenog projekta.

8-00.4 SIGURNOST RADA

Izvođač treba usvojiti sigurne sustave rada. Sve osobe koje rade na gradilištu moraju biti propisno obučene kako bi mogle obavljati svoje obveze i zadatke na način da ne dovedu u opasnost ni svoje zdravlje a ni zdravlje ostalih. Kod prvog zapošljavanja na gradilištu osobe trebaju biti obučene i upućene u opasnosti koje postoje na gradilištu, predostrožnosti koje se moraju poduzeti, način izgradnje, te interventne zahvate i zaštitu od požara. Izvođač mora voditi evidenciju o svim obučenim i upućenim osobama te svaka od njih mora potpisati takav obrazac kojim potvrđuje da je primila potrebne upute. Izvođač treba pripremiti pisanu izjavu o sigurnim sustavima rada koju će predati svim osobama na gradilištu.

Izvođač mora djelovati u skladu sa Zakonom o zaštiti na radu i propisima u graditeljstvu te ostalim važećim zakonskim odredbama. Izvođač također mora postupati u skladu s uvjetima i preporukama:

EN 12336:	Strojevi za gradnju tunela, strojevi sa štitom, strojevi za probijanje potiskivanjem, oprema za postavljanje obloge, sigurnosti uvjeti,
EN 12110:	Strojevi za gradnju tunela, pretkomore, sigurnosni uvjeti,
EN 12111:	Strojevi za gradnju tunela, rovokopači, mineri s neprekidnim djelovanjem i udarni riperi, sigurnosni uvjeti.

Izvođač mora također djelovati u skladu s uvjetima investitorove prakse za siguran rad kao i sa propisima svih nadležnih organa ili tijela kada je njihovo poslovanje ili posjed ugrožen izvođenjem radova. Sva obuka vezana za sigurnost i interventne postupke mora uključivati odgovarajuće vježbe.

Izvođač mora imenovati osobu odgovornu za sigurnost koja mora biti upoznata sa smjernicama poduzeća, uputama rukovodstva, propisima, zakonskim odredbama i pravilima struke te kako primjena tih odredbi utječe na zdravlje i sigurnost. Usklađivanje s uvjetima o zdravlju i sigurnosti odgovornost je izvođača, njegove uprave i pojedinaca bez obzira na njihovu poziciju u organizaciji.

Na gradilištu izvođač mora postaviti:

1. Objekte za pružanje prve pomoći sa propisno obučenim osobljem i to na i ispod zemlje u skladu sa zahtjevima posla,
2. Opremu za spašavanje i evakuaciju osoba ispod zemlje te osoblje upućeno u rukovanje tom opremom,
3. Svu potrebnu opremu, sigurnosne ograde, upozorenja i slično za zaštitu osoba,
4. Sveobuhvatna sredstva za gašenje požara,
5. Kemijski ili komprimirani kisik u kompletu za samo-pomoć za osobe ispod zemlje,
6. Izvođač treba imenovati osobu odgovornu za sigurnost koja će biti upoznata sa opasnostima vezanim uz način izgradnje i koja će biti odgovorna za praćenje svih uputa, pravila i propisa uprave koji se odnose na sigurnost,
7. Ovisno o zakonskim uvjetima i uvjetima poslodavca te o veličini i vrsti radova, Izvođač može imenovati osobu odgovornu za sigurnost kao što je navedeno pod točkom 6. koja će povremeno dolaziti na gradilište. Ta osoba će dolaziti na gradilište na početku radova te uslijed promjena metoda rada ali u svakom slučaju razmaci između njegovih dolazaka na gradilište ne smiju biti veći od jednog mjeseca.

Nadzornog inženjera se mora konzultirati u vezi sa svim prijedlozima koji se odnose na sigurnost na gradilištu. Konzultacije ne oslobađaju izvođača njegovih zakonskih obveza niti onih navedenih u ugovoru. Izvođač također mora osigurati:

1. Da su gradilište i strojevi u dobrom stanju,
2. Da je gradilište osigurano od neovlaštenog ulaska i prolaska djece,
3. Rasvjeta u oknima i tunelima mora biti u skladu s preporukama. Rezervna rasvjeta tunela također mora biti osigurana. Rasvjeta na gradilištu ne smije uzrokovati smetnje van gradilišta.

Posjetitelji gradilišta moraju biti obučeni u okviru radova koji se u tom trenutku izvode i upoznati sa opasnostima na koje mogu naići. Kod svake posjete posjetitelji moraju biti pod pratnjom osobe imenovane za takve posjete.

8-00.5 KOLNIČKA KONSTRUKCIJA

Tehnički uvjeti za izradu slojeva kolničke konstrukcije sadržani su u OTU, knjiga III, poglavlje 5. i 6. te knjiga IV poglavlje 7 i obvezni su u primjeni kod izrade kolničke konstrukcije u tunelu.

8-00.6 PORTALI

Tehnički uvjeti za izvedbu portala sadržani su u ovim OTU (knjiga II, knjiga IV i knjiga V). i obvezni su u primjeni kod izgradnje portala.

8-00.7 SEPARATORI

Tehnički uvjeti za izvedbu separatora sadržani su u ovim OTU (knjiga II, knjiga IV) i obvezni su u primjeni kod izrade separatora.

8-00.8 PROMETNI ZNAKOVI I OZNAKE NA KOLNIKU

Tehnički uvjeti za izradu prometnih znakova i oznaka na kolniku, sadržani su u OTU, knjiga VI, poglavlje 9 i obvezni su u primjeni kod izrade signalizacije ceste u tunelu.

8-00.9 NORME I TEHNIČKI PROPISI

ENV 1991	Osnova za projekt i postupke na objektima,
ENV 1992	Projekt betonskih konstrukcija,
ENV 1997	Geotehnički projekt,
EN 12336	Strojevi za probijanje tunela – strojevi za izradu metodom štita, strojevi za bušenje potiskivanjem, oprema za postavljanje obloge – Sigurnosni uvjeti
EN 815	Sigurnost kod strojeva za bušenje metodom bez štita i strojevi za bušenje za stijene
EN 12110	Strojevi za izgradnju tunela – Pretkomore – Sigurnosni uvjeti
EN 12111	Strojevi za izgradnju tunela – rovokopači, mineri s neprekidnim djelovanjem i udarni riperi – Sigurnosni uvjeti
EN 60204	Električne instalacije

Primjeniti i ostale važeće i odgovarajuće Zakone, norme i propise iz poglavlja 0 knjiga I ovih OTU.

8-01 PRIPREMNI RADOVI

Općenito

Radovi na pripremi gradnje, geodetski radovi, čišćenje i priprema terena, zaštita i obnova vlasništva, spomenika, vodotoka, jezera, šuma, kao i drugi, izvode se i obračunavaju u skladu s uvjetima iz poglavlja 1 knjiga I ovih OTU.

8-01.1 GRADILIŠTE

8-01.1.1 Izrada pristupa gradilištu

Opis rada

Rad obuhvaća izradu pristupne ceste od državnih, županijskih ili lokalnih cesta pa do gradilišta tunela. Podrazumijeva izradu potrebnih usjeka, nasipa, propusta i privremenih ili stalnih mostova, te kolničke konstrukcije, uključivo i izradu zastora te sve potrebne i neophodne prometne signalizacije, uključivo i održavanje tijekom građenja, shodno odredbi potpoglavlja 0-20.5 ovih OTU.

Izrada

Izrada pristupne ceste mora biti u skladu s projektom izrađenim od izvođača radova, odgovarajućih zakona i propisa, programom kontrole i osiguranja kakvoće (PKOK), projektom organizacije građenja (POG), zahtjevima nadzornog inženjera i ovih OTU.

Ako se pristupna cesta izvodi na osnovi projektne dokumentacije koju je izradio investitor, izvođač će za takvu građevinu voditi svu potrebnu tehničku dokumentaciju (građevna knjiga, građevni dnevnik, prethodna i tekuća ispitivanja materijala i radova).

Pristupna cesta će imati one potrebne elemente u poprečnom profilu, kao i u uzdužnom profilu koji omogućuje brzu i sigurnu dostavu svih potrebnih materijala i opreme na gradilištu. Sve potrebne suglasnosti, građevne dozvole i drugu neophodnu tehničku dokumentaciju, izvođač će ishoditi na svoj trošak.

Obračun rada

Ako nije drugačije određeno ugovorom ovaj rad se ne naplaćuje posebno, već su troškovi ovog rada sadržani u jediničnim cijenama izrade građevinskih radova tunela.

8-01.1.2 Izrada gradilišnih prometnica

Opis rada

Rad obuhvaća izradu svih gradilišnih prometnica koje su potrebne za provedbu predviđene tehnologije izvedbe svih radova na tunelu.

Izrada

Gradilišne prometnice su uvjetovane prema odabranoj tehnologiji izvedbe, konfiguraciji terena na gradilištu i projektom organizacije građenja (POG). Izvodi ih izvođač radova kao privremene građevine i održava tijekom građenja. Te prometnice uglavnom povezuju mjesta izvedbe građevinskih radova sa proizvodnim pogonima (drobilane, separacije, betonare, skladišta eksplozivnih tvari, skladišta građevinskih materijala, laboratorij te zgrade direktora projekta, nadzora i uprave gradilišta izvođača radova). Razinu kvalitete

kolničke konstrukcije i zastora odabire izvođač ovisno o troškovima građenja i vremenu potrebnom za dovršenje svih radova na tunelu.

Obračun rada

Ovaj rad se ne plaća posebno, već su troškovi ovih radova zajedno sa održavanjem tijekom građenja sadržani u ugovornim stavkama radova na tunelu.

8-01.1.3 Izrada skladišta eksplozivnih tvari

Opis rada

Rad obuhvaća izradu skladišta, priručnih skladišta ili prijenosnih spremišta (kontejnera) koji se izgrađuju radi smještaja, čuvanja i držanja eksplozivnih tvari tijekom građenja i njihovu razgradnju te dovođenja terena nakon gradnje u prvobitno stanje, ako je potrebno i uz odgovarajuću sanaciju.

Izrada

Izrada skladišta za eksplozivne tvari podrazumijeva izradu skladišnog prostora gdje se mogu nalaziti jedna ili više građevina za smještaj, čuvanje i održavanje eksplozivnih tvari, za potrebe miniranja kod iskopa usjeka i tunela.

Ta skladišta mogu biti:

- zidana skladišta za količine eksplozivnih tvari većih od 5000 kg i to razdvojeno od sredstava za paljenje (upaljače) i čuvarske kućice,
- prijenosni spremnik (kontejner) namjenjuje se za održavanje, smještaj i čuvanje eksplozivnih tvari do 5000 kg i 5000 komada detonatora, a izrađen je od metala,
- priručno skladište je prostorija gdje se može smjestiti, čuvati i držati do 20 kg eksplozivnih tvari.

Sva skladišta koja budu postavljena na gradilište trebaju imati građevnu i uporabnu dozvolu izdanu od mjerodavnih tijela. Izrađuju se na lokacijama podalje od ostalih objekata kako se zahtjeva propisima, u prirodnim udolinama i na mjestima gdje ne smetaju izvođenju svih radova na cesti i tunelu.

Skladišta moraju biti osigurana od pristupa neovlaštenih osoba stalnim fizičko-tehničkim osiguranjem. Moraju zadovoljavati i posebne uvjete građenja iz područja zaštite od požara i eksplozije i druge odgovarajuće propise.

Opasnosti koje mogu nastupiti u toku realizacije projekta izvođač radova dužan je riješiti sam u sklopu POG-a i tehnologije građenja. Nužno je postaviti i sve potrebne znakove upozorenja i zabrane prema važećim propisima.

Na svim objektima nužna je gromobranska instalacija, a ograđeni prostor skladišta sa čuvarskom kućicom treba biti noću osvijetljen.

Obračun rada

Rad na izradi skladišta eksplozivnih tvari se posebno ne obračunava, jer je taj trošak izvođaču priznat kroz ugovorene stavke i jedinične cijene.

8-01.1.4 Izrada kompresorske stanice s cjevnim razvodom po gradilištu

Opis rada

Rad obuhvaća nabavu, dopremu i montažu kompresorskih uređaja u zoni portala tunela, razvod zračnih vodova uzduž tunela tijekom izvedbe, te demontažu istih uređaja i odvoz sa gradilišta.

Izrada

Prema odabranoj tehnologiji izvedbe tunela, izvođač će obaviti nabavu, dopremu i montažu kompresorskih uređaja prema traženim kapacitetima komprimiranog zraka, te izvesti cjevni razvod po gradilištu. Uz montažu kompresorskog uređaja izvest će se i odgovarajuće nadstrešnice, te urediti prilazi za nesmetan pristup autodizalica i autocesterni za gorivo.

Detaljni tehnički podaci sa karakteristikama uređaja, njihovoj mikrolokaciji bit će sadržan u projektu organizacije građenja (POG).

Obračun rada

Rad na izradi kompresorske stanice s cjevnim razvodom po gradilištu ne obračunava se posebno, jer taj trošak izvođaču je priznat kroz ugovorne stavke i jedinične cijene.

8-01.1.5 Izrada priključka visokog napona i trafostanica (TS)

Opis rada

Rad obuhvaća izradu visoko naponskog priključka sa postojećeg dalekovoda, zračnim ili kabelskim načinom i izrada odgovarajućeg broja trafostanica ovisno o dužini tunela.

Izrada

Visoko naponski priključci izvode se prema projektu organizacije građenja (POG), uvjetima nadležnog elektroprivrednog tijela, a po izvođaču koji je specijaliziran za te radove. Svi radovi na izvedbi visoko naponskog priključka uključujući i radove na trafostanici izvode se prema odgovarajućem projektu koji je izrađen na trošak izvođača uz poštivanje svih uvjeta iz elektroprivredne suglasnosti.

Ako se visoko naponski priključak izvodi i za potrebe investitora radi funkcioniranja elektronapajanja tunelskih uređaja (rasvjeta, ventilacija, video nadzor, vatrodojava itd.) onda će te radove investitor voditi preko nadzornog inženjera.

Broj trafostanica (TS) u tunelu, kao i njihove karakteristike biti će ovisni o dužini tunela i tehničkim karakteristikama kablova za visoki napon. Postavljanje tih trafostanica u tunelske niše i kabliranje kao i njihova zaštita biti će provedena tako da se zadovolje svi uvjeti i propisi za takvu vrstu rada.

Obračun rada

Ovaj rad, ako nije posebno definiran ugovorom sa investitorom ne plaća se posebno, već su troškovi tog rada sadržani u jediničnim cijenama za građevinske radove tunela.

8-01.1.6 Izrada priključka za snabdjevanje gradilišta vodom

Opis rada

Rad obuhvaća izradu vodovodnog priključka sa postojeće vodovodne mreže do gradilišta i razvod po gradilištu. Ukoliko nema mogućnosti priključka sa postojećeg vodovoda, rad obuhvaća i izradu zahvata (kaptaže) vode na odgovarajućem prirodnom izvoru.

Izrada

Priključak vodovoda sa postojeće vodovodne mreže odnosno kaptaže izvodi se prema uvjetima nadležnog vodoupravnog tijela i s izvođačem koji je specijaliziran za te radove. Svi radovi na izvedbi vodovodnog priključka izvode se prema projektu organizacije građenja (POG) i odgovarajućem projektu, koji je izrađen na trošak izvođača uz poštivanje svih uvjeta iz vodopravne suglasnosti.

Ako se vodovodni priključak izvodi i za potrebe investitora radi kasnijeg korištenja u eksploataciji tunela (protupožarna voda, pitka voda i sl.) onda će se ti radovi izvoditi i plaćati prema ugovoru.

Kontrola kakvoće

Kontrola kakvoće provodi se tekućim i kontrolnim ispitivanjem za sve stavke radova prema ovim OTU i prema uvjetima iz vodopravne suglasnosti.

Obračun rada

Izvedba vodovodnog priključka, ako nije posebno definirana ugovorom s investitorom, ne plaća se posebno, već su troškovi tog rada sadržani u jediničnim cijenama za građevinske radove tunela.

8-01.1.7 Odlaganje iskopnog materijala i odvod vode iz tunela

Opis rada

Rad obuhvaća odlaganje iskopnog materijala i odvod vode iz tunela, uređenje odlagališta, zbrinjavanje upotrebljivog materijala i izradu potrebnih objekata u zoni portala za pročišćavanje voda iz tunela.

Izrada

Iskopni materijal iz tunela može biti:

- neupotrebljivi otpadni materijal
- upotrebljivi mješani materijal za nasipe
- upotrebljivi čisti i kvalitetni kameni materijal.

Neupotrebljivi otpadni materijal, je zemljani materijal sa prevelikom ili potpunom zasićenosti s vodom, koji nije moguće dalje korisno upotrijebiti, već je potrebno obaviti njegovo odlaganje na trajno odlagalište predviđeno projektom ili odredbom nadzornog inženjera. Miješani materijal (kameno-zemljani) koji nema preveliku vlažnost, odlaže se na posebno odlagalište ili se odmah ugrađuje u nasipe ceste. Za ovakvu upotrebu ovog materijala nužno je da izvođač obavi potrebna ispitivanja i ishodi dokaze o njegovoj uporabljivosti i predoči ih u originalu nadzornom inženjeru.

Čisti i kvaliteti kameni materijal odlaže se na posebno odlagalište radi naknadne dorade i predrobljavanja za proizvodnju kamenog materijala za nosive slojeve kolničke konstrukcije i frakcija kamenog agregata za betonske i asfaltne radove. Dokaze upotrebljivosti čistog kamenog materijala izvođač je dužan pribaviti odmah na početku iskopa tunela i predati ih u originalu nadzornom inženjeru.

Bez obzira na potrebu izvođača radova za ovim materijalima, dužan ih je razvrstavati prema njihovoj uporabljivosti na za to predviđena mjesta. Ako su odlagališta upotrebljivih materijala na većoj dužini od predviđenih projektom, nadzorni inženjer će priznati izvođaču radova duži prijevoz iskopnog materijala. Uvjeti korištenja upotrebljivih materijala biti će definirana ugovorom između izvođača i investitora, a provedena zapisnički tijekom izvedbe.

Odvod otpadnih i brdskih voda iz tunela mora biti kontroliran tako da se neposredno ispred portala izvedu odgovarajući objekti za prihvat i pročišćavanje, a sve uz suglasnost nadležnih tijela. Detaljan opis uređaja i postrojenja za pročišćavnje voda, dat je u potpoglavlju 8-01.2.3.

Obračun rada

Obračun se obavlja u kubičnim metrima odloženog materijala računato u sraslom tlu kod iskopa. Posebno se ne plaća već je trošak uključen u jedinične cijene iskopa, ako je prijevoz do 1 500 m.

8-01.1.8 Ostalo

Pored svih navedenih objekata i uređaja navedenih u ovoj točki 8-01.2 izvođač može izvesti i druge kao što su:

- hidroforsko postrojenje,
- zatvoreno skladište,
- otvoreno skladište za građevne materijale,
- skladište za kisik,
- armiračko-tesarski pogon,
- stanica za snabdjevanje gorivom,
- rampa za utovar strojeva,
- parkiralište teških strojeva,
- taložnica uz betonaru,
- sportski tereni za rekreaciju, i
- centralna porta gradilišta.

Obračun rada

Radovi se posebno ne obračunavaju i ne plaćaju već su uključeni u ukupnu cijenu građenja.

8-01.2 RADNO OKRUŽENJE

8-01.2.1 Općenito

Izvođač će organizirati postavljanje gradilišta u skladu s odredbama ovih OTU. Izvođač će organizirati gradilišta na takav način da njegove privremene zgrade, postrojenja, oprema itd., neće ometati završne radove na prometnici cestovnom tunelu i drugim objektima.

Izvođač će organizirati gradilište prema svojoj vlastitoj tehnologiji i obvezan je da gradilište koje će se koristiti tijekom izgradnje opremi sa svojom vlastitom tehnologijom i na svoj trošak. Izvođač je također obvezan organizirati pristupne ceste i prijevoz materijala do mjesta izgradnje.

Izvođač će ishoditi sve potrebne dozvole koje se odnose na izgradnju kao što su:

- odobrenje od distributora električne energije za snabdijevanje gradilišta,
- dozvola za priključak na postojeći sustav dobave vode,
- sanitarna dozvola potrebna za odvod tehnološke (zagađene) vode iz iskopa tunela,
- kao i sve druge potrebne dozvole koje se odnose na izvođenje radova.

U slučaju da se radovi izgradnje prekinu radi više sile, ili prema uputi nadzornog inženjera, izvođač je odgovoran za sigurnost na gradilištu tijekom ovakvih prekida rada. Izvođač će ukloniti sve svoje privremene objekte koji su bili postavljeni za izvođenje radova i ponovo urediti sve površine koje treba dovesti u prvobitno stanje.

8-01.2.2 Podnošenje dokumentacije

Izvođač će nadzornom inženjeru dostaviti kopije svih potrebnih dozvola koje je trebao ishoditi a koje se odnose na izgradnju kao što su:

- odobrenje od distributora električne energije za snabdijevanje gradilišta,
- dozvola za priključak na postojeći sustav dobave vode,
- sanitarna dozvola potrebna za odvod tehnološke (zagađene) vode iz iskopa tunela,
- kao i sve druge potrebne dozvole koje se odnose na izvođenje radova.

Nadzorni inženjer mora odobriti sustav ventilacije. Prijedlozi izvođača moraju uključiti (ali ne ograničiti se samo na to) tipove ventilatora, razmještaj gdje je to moguće, napajanje i podatke o učinku ventilatora, zajedno sa karakteristikama instalacijskog kanala (ventilacione cijevi).
Izvođač mora izraditi plan ispitivanje plinova i zagađivača, uključujući učestalost i metode ispitivanja, a koje odobrava nadzorni inženjer.

Nadzorni inženjer treba odobriti izvođačev plan vođenja prometa izvan gradilišta. Plan mora dati prikaz mjera za sigurnost i vođenje prometa uključujući sigurnosne zone i prometne znakove. Plan mora sadržavati i uvjete hitnih službi za pristup na i kroz gradilište.

Svi prijedlozi, pojedinosti, izvođenje, održavanje, uklanjanje i povrat u prijašnje stanje vezano za prometnu sigurnost i vođenje prometa kao i privremene mosne konstrukcije postavljanje ploča i ostale privremene objekte ili pothodnike ispod prometnice moraju biti odobreni od strane nadležnih institucija. Izvođač mora skupiti sve potrebne informacije za savjetovanje s nadležnim institucijama uključujući lokalne vlasti, MUP i druge nadležne ili zainteresirane stranke.

8-01.2.3 Izvođenje

Privremena električna instalacija

Instalacije moraju biti u skladu s EN60204, i dodanim odgovarajućim HRN. Izvođač mora imenovati osobu odgovornu za sigurnost sve privremene električne opreme na gradilištu.

Izvođač mora postupati u skladu s zakonima o zaštiti na radu i ostalim zakonima i propisima.

Sustav ventilacija za vrijeme gradnje

Tunel, jame, okna i potkopi moraju se cijelo vrijeme iskopa provjetravati kako bi se stvorili uvjeti za siguran rad bez potencijalno eksplozivnih ili štetnih plinova, prašine i nedostatka kisika. Izvođač mora poduzeti odgovarajuće mjere kako bi stvorio uvjete za sigurno i djelotvorno izvođenje radova. U svim zahvatima izvođač mora postupati u skladu s važećim hrvatskim propisima za zaštitu na radu. U podzemnim i zatvorenim prostorima zrak koji se udiše ne smije imati manje od 19% kisika po volumenu. Pušenje je zabranjeno u tunelima, potkopima, jamama ili oknima i svim zatvorenim prostorima.

Kod prisilnog sistema ventilacije, ventilatori se postavljaju van tunela. Svaki ventilator kod prisilnog sistema ventilacije koji je montiran van tunela mora imati nesmetan dovod svježeg zraka. Ne smije biti u blizini spremišta ulja, kemikalija ili bačava s gorivom. Ventilator mora biti tako smješten da ne uvlači ispušne plinove vozila kao ni pare i plinove od punjenja baterija, kao i izlaznih onečišćenja iz tunela.

Kod isključenja i ponovnog ukapčanja ventilatora stanje zraka mora se ispitati prije ulaska zaposlenih u tunel. Ako se upotrebljava samo prisilni sustav ventilacije isti se mora ponovno pokrenuti i raditi neprekidno kako bi se ispuhala svaka nakupina zraka u kojem nedostaje kisika ili ima zapaljivih ili plinovitih smjesa. Mora se paziti da radnici ne naiđu na nakupine takvih plinova na ponovnom ulasku u tunel. Izvođač mora voditi računa da vrijeme potrebno za provjetravanje dugih tunela može biti od pola sata do nekoliko sati te da se slojevi plinova raznih gustoća teško uklanjaju posebno tamo gdje se nagib tunela mijenja. Tamo gdje se pri iskopu tunela stvara prašina, sustav provjetravanja mora biti u mogućnosti brzo ukloniti prašinu iz radnog područja.

Kod gradnje dužih tunela, gdje nije moguća brza prirodna ventilacija, iskop nije dozvoljen ako nije uspostavljen siguran sustav ventilacije.

Dna svih okana, jama i dubokih rovova moraju se provjetravati ispušnim sustavom ventilacije.

Oprema za mjerenje u tunelu mora biti pogodna za kontinuirano mjerenje razine eksplozivnih i štetnih plinova i udjela kisika. Oprema mora zvučnim i vizualnim signalima odavati postojanje eksplozivnih ili štetnih plinova i tamo gdje sadržaj kisika padne ispod razine sigurne za rad. Neposredan i djelotvoran način davanja signala mora biti postavljen na površini, odnosno portalima tunela.

Na početku svake smjene svako radno okno i cijela duljina tunela moraju se pregledati radi prisustva eksplozivnih ili štetnih plinova ili zbog manjka kisika. Ako je u radnom prostoru razina eksplozivnih ili štetnih plinova iznad dopuštene ili ako je sadržaj kisika ispod dozvoljene razine sve aktivnosti će prestati i osobe evakuirati dok se ne uspostave sigurni uvjeti za rad.

Ako iz nekog razloga sustav ventilacije nije u pogonu dulje od dva sata, mora se primijeniti postupak puštanja u pogon. To uvjetuje da osoblje ne može ući u tunel ili u okno dok se ne obavi kompletna izmjena zraka. Osobe koje nakon gašenja sustava ventiliranja ponovno ulaze, ako je to potrebno, moraju nositi instrumente za detektiranje opasnih plinova i mjerenje sadržaja kisika. Ti se instrumenti moraju neprestano upotrebljavati kod ponovnog ulaženja.

Za vrijeme svake smjene provode se slijedeće provjere:

(a) Ventilator ili ventilatori provjeravaju se na zagrijavanje, neobičnu buku i vibracije. Rezultati se moraju prijaviti i po potrebi poduzeti sanacijske mjere.
(b) Provjeravaju se eventualno oštećenja kanala za ventilaciju i cjelovitost spojeva. Rezultati se moraju prijaviti i po potrebi poduzeti sanacijske mjere.
(c) Sustav praćenja provjerava se na lokalnim i udaljenim stanicama i rezultati se, ako je to potrebno, bilježe.

Količine protoka zraka provjeravaju se tjedno na čelu iskopa i 20 m od dna okna. Navedene izmjere se bilježe i uspoređuju s obračunatim protocima. Svi propusti moraju se ispraviti. Dokumentacija o ventilaciji se čuva i dostavlja nadzornom inženjeru na odobrenje.

U slučaju kvara ventilacijske opreme osoblje se mora povući sa podzemnih radova, a kod upotrebe stroja za bušenje tunela, rad stroja se odmah prekida i stroj se izolira dok se ventilacija ne popravi.

Ne smije se ući u podzemno gradilište, osim radi spašavanja sa zaštitnom opremom, gdje je sadržaj kisika ispod 19 % volumena prisutnog zraka.

Gradilišna rasvjeta

Rasvjeta reflektorima mora omogućiti sigurno izvođenje radova. Po potrebi svjetlo se može zasjeniti kako bi ga se usmjerilo na područja unutar gradilišta i izbjeglo iritiranje. Rasvjeta u tunelu mora pokrivati cijelu duljinu i ne smije biti manja od potrebne za siguran rad i pristup, najmanje 100 Wata na svakih 10 m dužine tunela.

Alternativan izvor energije i sustav rasvjete u slučaju nužde mora postojati kako bi se omogućilo izvođenje nužnih zahvata i sigurna evakuacija u slučaju prekida primarnog napajanja. Također mora biti dostupan odgovarajući broj ručnih svjetiljaka na ključnim mjestima u tunelu.

Zaštita od buke i vibracija

Razina buke i granice vibracije moraju biti u skladu s Zakonom o zaštiti na radu, kao i ostalim zakonskim odredbama i propisima.

Izvođač mora odabrati i primijeniti metodu rada, dijelove pogona i kontrole u radu kako bi smanjio razinu buke i vibracija uključujući profesionalnu buku i izloženost vibracijama od radnog pogona, te kako se ne bi prešla maksimalna dozvoljena razina buke i vibracije.

Usklađenost sa razinama vibracije specifiranima u ovim OTU ne oslobađa izvođača njegovih obveza u pogledu šteta na drugom objektu ili posjedu.

Po potrebi izvođač će u tijeku gradnje podići i zadržati privremene ograde odgovarajuće visine uzimajući u obzir da ta ograda mora istovremeno predstavljati i zvučnu barijeru oko radnih područja. Ograde će se po potrebi demontirati i ponovno montirati u skladu s napredovanjem radova. Linija ograde mora biti ujednačena i vanjska strana ograde mora se zaštititi trajnim premazom. Po potrebi da bi spriječio refleksiju buke izvođač mora obložiti unutarnju stranu ograde s odobrenim materijalom koji smanjuje buku.

Materijal mora biti vatrootporan i vodootporan. Lokalne ograde ili nadstrešnice podići će se po potrebi da se zaštite određene aktivnosti npr. one gdje se primijenjuju pneumatske ili hidrauličke tehnike rada kao i stacionirani pogoni.

Izvođač će dopremiti na gradilište i koristiti ekološki prihvatljivu opremu s tihim radom u skladu sa sigurnim i djelotvornim izvođenjem radova. Oprema također mora profesionalnu buku i emitiranje vibracije svesti na najmanju moguću mjeru.

Pogon se mora pravilno održavati i treba se voditi dokumentacija o obavljenom servisu. Pogon mora imati odgovarajuće prigušivače i naprave za prigušenje vibracije kojima se mora rukovati u skladu s proizvođačevim preporukama tako da se izbjegne emitiranje pretjerane buke ili vibracije.

Tamo gdje je potrebno mjerenje buke i vibracija izvođač mora nabaviti opremu za mjerenje buke i vibracije u tijeku cijelog razdoblja gradnje te ju kalibrirati i njom rukovati po proizvođačevim preporukama. Sustavi mjerenja vibracije moraju biti u skladu s odgovarajućim normama.

Izvođač mora mjeriti razine buke i vibracije uzrokovane radovima na gradnji za vrijeme radnog vremena u cijelom razdoblju gradnje. Kod svakog prelaska određene razine buke ili vibracije izvođač mora odmah obavijestiti nadzornog inženjera i dogovoriti preventivne mjere. Svi dijelovi pogona koji uzrokuju pretjerane razine buke ili vibracije moraju se ukloniti s gradilišta i zamijeniti odgovarajućom alternativnom opremom. Nadzorni inženjer može uputiti izvođača u pripremu i primjenu alternativnog procesa ako metoda koja se koristi kod gradnje uzrokuje nepotrebno ometanje.

Promet u tunelu i na gradilištu

Izvođač mora omogućiti siguran pristup gradilištu i oko njega kao i u samo radilište u tunelu. Izvođač mora omogućiti neprestani pješački pristup tunelu. Pristup mora imati čvrstu, ravnu, kontinuiranu površinu koja nije skliska i mora biti pogodna za korištenje u nuždi kada nema rasvjete. Izvođač mora cijelo vrijeme održavati sredstvo za izlaz iz svakog čela tunela. Takvo sredstvo za izlaz pored strojeva za probijanje tunela, vlakova i sličnih prepreka mora biti u skladu s minimalnim dimenzijama u EN 12336.

Završne razine iskopa (nivelete posteljice) za izgradnju kolničke konstrukcije bit će zaštićene protiv trošenja ili smanjenja svojstava stijene tijekom prometa na gradilištu nasipanjem kamenim materijalom iskopanim u tunelu ili sličnim u debljini od najmanje 0,5 metara. Zadržavanje vode u depresijama i promet kroz nakupljenu vodu neće se dopuštati. Sav istrošeni materijal uklonit će se i zamijeniti prije radova na kolniku, prema uputi nadzornog inženjera. Materijal za nasipanje koji se koristi u cilju zaštite neće se ukloniti sve do neposredno prije izvedbe kolničke konstrukcije.

Ne dopušta se nikakav promet na gradilištu koji bi išao po nezaštićenim konstrukcijama podnožnog svoda, bilo privremenim bilo završenim, betonskim ili od mlaznog betona. Konstrukcije kao takve bit će zaštićene od uništenja nasipanjem odgovarajućim materijalom od iskopa tunela ili sličnim, u debljini od najmanje 0,5 metara.

Materijal za nasipanje neće sadržavati kamenje čiji je promjer veći od 150 mm.

Odlaganje otpadnog materijala iz tunela

Izvođač mora ukloniti sav otpadni i suvišni materijal i smeće iz bilo kojeg izvora na gradilištu i mora, osim tamo gdje je to drugačije specifirano, odložiti taj otpad i osigurati sva sredstva potrebna za to, a u skladu s propisima. Izvođač mora također djelovati u skladu s uvjetima zakona u pogledu odlaganja i rukovanja kontaminiranim otpadom.

Izvođač će s nadzornim inženjerom dogovoriti detaljan program zahvata za uklanjanje otpadnog materijala. Izvođač mora postaviti sustav kontrole i nadgledanja prijevoza otpadnog materijala s gradilišta do odlagališta u skladu s propisima. Sustav mora odobriti nadzorni inženjer i mora se dokazati da je sav otpad odložen na za to predviđenom odlagalištu.

Izvođač mora djelovati u skladu sa svim propisima i pravnim instrumentima u pogledu odglaganja otpada.

Za odlaganje tekućeg otpada izvođač mora nabaviti prethodnu suglasnost nadležnih tijela.

Odvodnja u tunelu za vrijeme građenja

Izvođač će isporučiti, postaviti, pustiti u rad i održavati dovoljan broj crpki i cijevi za kontrolu i odvod vode iz bilo kog dijela podzemnih radova. Zadržavanje vode neće biti dopušteno. Kapacitet crpki instaliranih na svakom radnom čelu uvijek će biti bar jedan i pol puta veći od nominalnog volumena dotoka vode plus količina vode za ispiranje koju koristi bušaća oprema. Izvođač će pohraniti ili držati neposredno na raspolaganju rezervne crpke u dobrom pogonskom stanju i to istog kapaciteta ili većeg od onih koji su instalirani u tunelu.

Izvođač će pribaviti uređaje za pročišćavanje ili druge uređaje za dekontaminaciju kako to bude zahtijevao nadzorni inženjer prije nego se pročišćena voda ispusti u okoliš.

Izvođač će ukloniti sav nakupljeni mulj, naplavine i ostale osuline preostale nakon podzemnih radova, kako to zatraži nadzorni inženjer. Izvođač će instalirati, održavati i držati u pogonu potrebne uređaje i postrojenja za pripremu i pročišćavanje zagađene vode koja se ispušta na portalima tunela tijekom izgradnje. Takvi uređaji i postrojenja obuhvaćaju 2 bazena za sedimentaciju, separator za lake tekućine (mastolov), uređaj za neutralizaciju i potrebne kontrolne stanice. Uređaj za neutralizaciju izvest će se i staviti u pogon kako bi se zadržala pH vrijednost pročišćene vode između 6,5 i 8,5 prije ispuštanja.

Tunel će se drenirati tijekom izvedbe putem jaraka. Rovovi će se brtviti, ako je potrebno, mlaznim betonom. U područjima velikog dotoka vode, možda će biti potrebno instalirati drenažne cijevi od tvrdog PVC-a ili strukturiranog PEHD promjera od 150 do 250 mm, ovisno o količini vode koju treba ukloniti.

Izvođač će posvetiti, u stijenskoj masi osjetljivoj na vodu, najveću moguću pažnju prikupljanju i drenaži procjedne vode i vode potrebne za bušenja. U slučaju silaznih štolni izvest će se sabirne jame u pravilnim razmacima, iz kojih će se voda ispumpavati iz tunela putem čelične, PEHD ili PVC cijevi.

U vlažnim dijelovima površine stijene, voda se sakuplja u cijevne polovice (po mogućnosti valovite meke PE ili PVC-cijevi) koje se pričvršćuju na stijenu brzovezujućim mortom ili mlaznim betonom i odvodi do sabirnih jama ili uzdužnih rovova.

U tunelima izvedenim u propusnom tlu ili visokoporoznoj stijeni, cijevi promjera najmanje 4 cm postavit će se sustavno, kako bi se izbjegao porast vodenog pritiska iza obloge od mlaznog betona, kako to odobri nadzorni inžinjer.

Izvođač će se pobrinuti da se sabirne jame održavaju čistima i da se sustav odvodnje održava na način da se voda tijekom razdoblja izgradnje na odgovarajući način kontrolira.

8-01.2.4 Obračun radova i plaćanje

Radovi navedeni u ovom potpoglavlju obračunavat će se kako slijedi:

- Radovi postavljanja **privremene električne instalacije i rasvjete** neće se obračunavati posebno. Svi troškovi bit će uključeni u jedinične cijene za sveukupne radove izgradnje tunela i za cjelokupno vrijeme izgradnje.
- Radovi na **snabdjevanju gradilišta vodom** neće se posebno obračunavati. Svi troškovi biti će uključeni u jedinične cijene za sveukupne radove, osim ako ugovorom nije drugačije regulirano.
- Radovi na izradi **sustava ventilacije** tijekom gradnje tunela neće se obračunavati posebno. Svi troškovi bit će uključeni u jedinične cijene za sveukupne radove izgradnje tunela i za cjelokupno vrijeme izgradnje.
- Troškovi vezani uz **zaštitu od buke i vibracija** neće se obračunavati posebno. Svi troškovi bit će uključeni u jedinične cijene za sveukupne radove izgradnje tunela i za cjelokupno vrijeme izgradnje.
- Troškovi vezani uz radove na omogućavanju **prometa u tunelu** neće se obračunavati posebno. Svi troškovi bit će uključeni u jedinične cijene za sveukupne radove izgradnje tunela i za cjelokupno vrijeme izgradnje.
- Troškovi **odvodnje za vrijeme građenja** obračunavati će se u okviru iskopa tunela na način kako je navedeno u poglavlju tuneski iskop i odvodnja ovih OTU.
- Troškovi vezani uz **odlaganje otpadnog materijala iz tunela** neće se obračunavati posebno. Svi troškovi bit će uključeni u jedinične cijene za sveukupne radove izgradnje tunela i za cjelokupno vrijeme izgradnje.

8-01.3 IZRADA PREDUSJEKA

Opis rada

Rad obuhvaća izradu pripremnih i zemljanih radova na trasi ceste, a u dužini predusjeka do samog ulaznog i izlaznog portala tunela, a u svemu prema poglavlju 1 knjige I i poglavljima 2 i 3, knjige II i knjigom V ovih OTU za radove na cestama.

Obračun rada

Svi radovi izvedeni na predusjeku obračunavaju se i naplaćuju prema posebnom ugovornom troškovniku, a u skladu s poglavljem 2 knjige II, OTU za radove na cestama.

8-01.3.1 Osiguranje čela predusjeka

Opis rada

Rad obuhvaća osiguranje čela predusjeka na ulaznom i izlaznom portalu tunela u cijeloj širini i visini u skladu sa projektom.

Izrada

Nakon izvršenog iskopa predusjeka ili još za vrijeme njegovog iskopa (kod dubokih usjeka) obavlja se i osiguranje čela predusjeka kad za to postoje utvrđeni svi elementi sraslog tla.

Ugradnja sidara, armaturnih mreža i mlaznog betona obavlja se na potpuno isti način kakav je predviđen i kod osiguranja tunelskog iskopa. Kod vanjskih temperatura iznad

20°C i ispod 0°C biti će potrebno obaviti i posebne dodatne mjere za osiguranja kvalitete mlaznog betona (njega mlaznog betona i osiguranja za zimsko betoniranje).

Ako se početak iskopa tunela predviđa miniranjem, onda se na čelu predusjeka izvan ugovorne linije po obodu poprečnog profila treba izvesti dodatno osiguranje sidrima dužine 4-6 m s ojačanjem armaturnim mrežama i mlaznim betonom.

Kontrola kakvoće

Kontrola kakvoće provodi se tekućim i kontrolnim ispitivanjima za sve stavke radova na isti način kako je to predviđeno ovim OTU.

Obračun rada

Rad se obračunava po stavkama troškovnika, isto kao i za osiguranje tunelskog iskopa uključujući sav potreban rad i materijal za te vrste radova, ako ugovorom nije drugačije regulirano.

8-01.4 NORME I TEHNIČKI PROPISI

ENV 1991	Osnova za projekt i postupke na objektima,
ENV 1992	Projekt betonskih konstrukcija,
ENV 1997	Geotehnički projekt,
EN 12336	Strojevi za probijanje tunela – strojevi za izradu metodom štita, strojevi za bušenje potiskivanjem, oprema za postavljanje obloge – Sigurnosni uvjeti
EN 815	Sigurnost kod strojeva za bušenje metodom bez štita i strojevi za bušenje za stijene
EN 12110	Strojevi za izgradnju tunela – Pretkomore – Sigurnosni uvjeti
EN 12111	Strojevi za izgradnju tunela – rovokopači, mineri s neprekidnim djelovanjem i udarni riperi – Sigurnosni uvjeti
EN 60204	Električne instalacije

Primjeniti i ostale važeće i odgovarajuće Zakone, norme i propise iz poglavlja 0 i 1, knjiga I ovih OTU.

8-02 TUNELSKI ISKOP

8-02.0 OPĆE NAPOMENE

Ovo se potpoglavlje odnosi na izvođenje svih podzemnih radova na iskopu tunela u bilo kojoj vrsti stijene ili tla.

Izvođač će se pridržavati svih postupaka kako je detaljno navedeno u projektnoj dokumentaciji na nacrtima i opisano u tehničkim uvjetima i u dokumentima koje je potrebno podnijeti u skladu sa izvedbenim projektom ili drugih postupaka prema ugovoru koje odobri nadzorni inženjer.

Izvođač će izvesti sve radove iskopa i podgrađivanja na način da ispuni uvjete za osiguranje iskopa za ustanovljenu tunelsku kategoriju i da na najmanju moguću mjeru svede pogoršanje i popuštanje stijenske mase koja okružuje iskop, da ograniči prekoprofilni iskop i da spriječi oštećenje prethodno postavljene obloge.

Faze iskopa i razrada profila iskopa bit će u skladu s projektom, ovim tehničkim uvjetima i nacrtima iz izvedbenog projekta, koga će izraditi izvođač prema ustanovljenom stanju stijene tijekom iskopa tunela.

Izvođač je odgovoran za odabir potrebne opreme i može predložiti alternativnu metodu iskopa, ako drugim dokumentima nije drugačije određeno.

Granicu za obračun između vanjskog iskopa (tunelskog predusjeka) i iskopa u tunelu, uzima se stacionaža projektirane trase koja odgovara sraslom tlu (ili stijeni) na tjemenu tunela.

8-02.0.1 Kategorizacija iskopa

Ovim potpoglavljem se definira postupak kategoriziranja stijenskih masa tijekom gradnje tunela, karakterističan opis pojedinih kategorija stijenskih masa s načelnim mjerama na iskopu i stabilizaciji podzemnog iskopa te područje odgovornosti pojedinih učesnika u gradnji.

Kategoriziranje stijenskih masa provodi se na osnovi geomehaničke kategorizacije (Bieniawski 1979). Primjenjuje se pri izvođenju cestovnih tunela u stijenskim masama bušenjem i miniranjem ili strojnim iskopom u podzemlju. Ne primjenjuje se kod iskopa tunela u tlu kao i tunela koji se izvode metodom otvorenog iskopa i zatrpavanja (cat and cover).

Osnovni postupak

Osnovu za kategoriziranje stijenskih masa čine rezultati inženjerskogeološkog kartiranja tunela. Nakon svakog napredovanja potrebno je izvršiti inženjerskogeološko kartiranje iskopanog dijela tunela. U sklopu inženjerskogeološkog kartiranja potrebno je snimiti sve relevantne parametre potrebne za kategoriziranje stijenskih masa. Rezultati inženjerskogeološkog kartiranja tunela prikazuju se na razvijenom profilu tunela i predaju nadzornom inženjeru.

Inženjerskogeološko kartiranje tunela obavlja izvođač. Obveza je izvođača omogućiti nadzornom inženjeru kontrolno kartiranje pojedinih dionica tunela bez posebne naknade što uključuje osvjetljenje iskopane dionice i jasno obilježavanje stacionaže tunela na svakih 50 m. Kartiranje tunela ne smije utjecati na odvijanje radova u tunelu.

Na osnovi rezultata inženjerskogeološkog kartiranja i pregleda čela iskopa nadzorni inženjer provest će kategoriziranje stijenskih masa prema geomehaničkoj kategorizaciji i odrediti kategoriju stijenske mase te pripadne mjere na iskopu i podgrađivanju propisane projektom za predmetnu kategoriju stijenske mase. Kategoriziranje je potrebno provoditi samo kod bitnih promjena geoloških i geotehničkih karakteristika stijenske mase duž trase tunela, a ne nakon svakog napredovanja.

Za kategoriziranje stijenskih masa nadzorni inženjer treba biti specijaliziran za područje podzemnih geotehničkih konstrukcija ili u nadzornoj ekipi imati pomoćnika nadzornog inženjera za područje podzemnih geotehničkih konstrukcija.

Eventualno osporavanje rezultata kategoriziranja od strane izvođača rješiti će se arbitražom. Do rješenja spora radovi će se nastaviti prema odlukama nadzornog inženjera. Troškove arbitraže snosi izvođač.

Bez obzira na odluke nadzornog inženjera i projektanta geotehničara, izvođač je jedini odgovoran za sigurnost radova koji se izvode u tunelu.

Izvođač će u slučaju bilo kakvih znakova nestabilnosti u tunelu ili u slučaju ponašanja podzemnog iskopa koje nije sukladno s pretpostavkama datim geotehničkim projektom o tome obavijestiti projektanta i nadzornog inženjera koji će utvrditi uzroke i modificirati projektom propisane mjere na iskopu i stabilizaciji podzemnog iskopa.

Rezultati inženjerskogeološkog snimanja i rezultati kategoriziranja prikazuju se na posebno pripremljenim obrascima koje će prije početka radova odrediti nadzorni inženjer i predstavljaju sastavni dio projektne dokumentacije. Također je potrebno izraditi stvarni inženjerskogeološki profil tunela s podacima o kategoriziranju stijenskih masa i ugrađenim podgradnim sklopovima.

Opis kategorizacije stijenskih masa

Geomehanička kategorizacija se temelji na bodovanju slijedećih šest parametara stijenske mase:

- jednoaksijalna tlačna čvrstoća stijenskog materijala,
- RQD - indeks kvalitete jezgre,
- razmak pukotina (diskontinuiteta),
- stanje diskontinuiteta,
- stanje podzemne vode,
- pružanje i nagib diskontinuiteta.

Podjela parametara stijenske mase po vrijednostima kao i pripadni bodovi dati su u tablici 8-02-1, 8-02-2 i 8-02-3. Zbroj bodova prema tablici 8-02-4 određuje kategoriju stijenske mase. Osim navedenih tablica za preciznije određivanje bodova mogu se koristiti i dijagrami dati u prilogu (Bieniawski 1989).

Snimanje i određivanje kategorizacijskih parametara treba provesti u skladu s odgovarajućim preporukama ISRM-a. Pri tom treba uzimati prosječne vrijednosti parametara, a ne najlošije, jer je kategorizacija temeljena na do sada izvedenim projektima te implicitno sadrži faktor sigurnosti.

Jednoaksijalna tlačna čvrstoća stijenskog materijala određuje se na intaktnom uzorku stijenskog materijala standardnim laboratorijskim pokusom, a prema preporuci Internacionalnog društva za mehaniku stijena (Suggested Methods for Determining the Uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials, ISRM 1979).

Pripadni bodovi za jednoaksijalnu tlačnu čvrstoću stijenskog materijala mogu se osim na osnovi tablice 8-02-1 točnije odrediti na osnovi dijagrama na slici 8-02-1. (Bieniawski 1989).

Nadzorni inženjer će odabrati uzorke stijenskog materijala za ispitivanje jednoaksijalne čvrstoće u laboratoriju ukoliko ocijeni da čvrstoća stijenskog materijala u iskopu bitno odstupa od vrijednosti datih geotehničkim projektom.

RQD (Rock Quality Designation) je linearni pokazatelj cjelovitosti stijenske mase. Dobiva se bušenjem, a predstavlja omjer zbroja dužina svih nabušenih komada jezgre dužih od 10 cm i intervala bušenja, izražen u postocima.

Pri određivanju parametra RQD-a potrebno je pridržavati se preporuka ISRM-a (Suggested Methods for the Quantitativ Description of Discontinuities in Rock Masses, ISRM 1978).

U podzemnom iskopu RQD se može odrediti na osnovi ukupnog broja diskontinuiteta sadržanih u jediničnom volumenu stijenske mase prema aproksimativnoj korelaciji (Palmström 1982):

$$RQD = 115 - 3.3\ J_V$$

gdje je:

J_V = zbroj broja pukotina po jediničnoj dužini za sve skupove pukotina.

Tablica 8-02-2 Utjecaj pružanja i nagiba diskontinuiteta u tunelogradnji

PRUŽANJE OKOMITO NA TUNELSKU OS				PRUŽANJE PARALELNO S TUNELSKOM OSI		BEZ OBZIRA NA PRUŽANJE
Iskop u smjeru nagiba diskontinuiteta		Iskop protiv smjera nagiba diskontinuiteta				
Nagib 45^0 - 90^0	Nagib 20^0 - 45^0	Nagib 45^0 - 90^0	Nagib 20^0 - 45^0	Nagib 20^0 - 45^0	Nagib 45^0 - 90^0	Nagib 0^0 - 20^0
Vrlo povoljno	Povoljno	Dobro	Nepovoljno	Dobro	Vrlo nepovoljno	Dobro

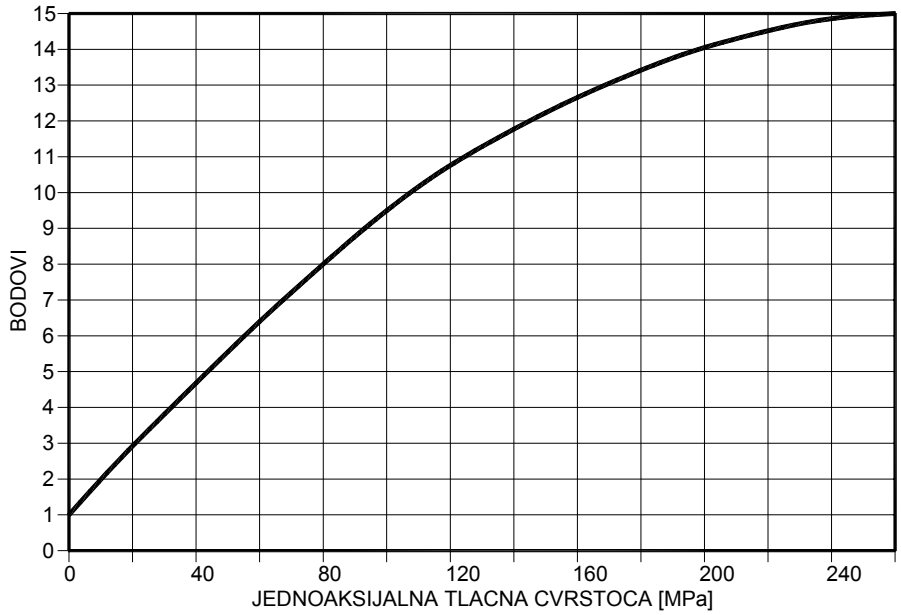
Tablica 8-02-3 Korekcija bodova za utjecaj pružanja i nagiba diskontinuiteta

PRUŽANJE I NAGIB DISKONTINUITETA		Vrlo povoljno	Povoljno	Dobro	Nepovoljno	Vrlo nepovoljno
Bodovi	Tuneli	0	-2	-5	-10	-12

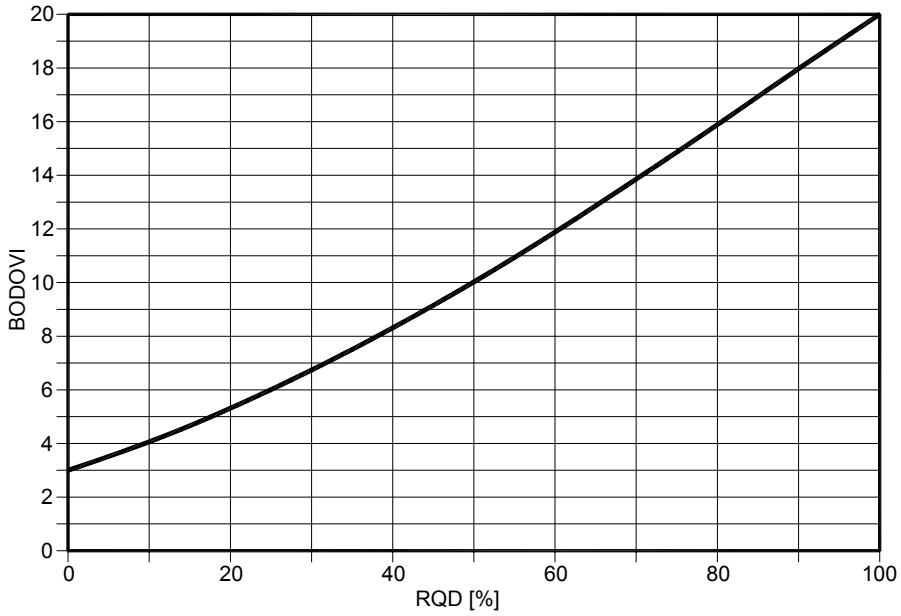
Tablica 8-02-4 Kategorija stijenske mase na osnovi zbroja bodova

ZBROJ BODOVA (RMR)	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
KATEGORIJA	I	II	III	IV	V
OPIS STIJENSKE MASE	Vrlo dobra	Dobra	Povoljna	Slaba	Vrlo slaba

Pripadni bodovi za RQD mogu se osim na osnovi tablice 8-02-1 točnije odrediti na osnovi dijagrama na slici 8-02-2 (Bieniawski 1989).

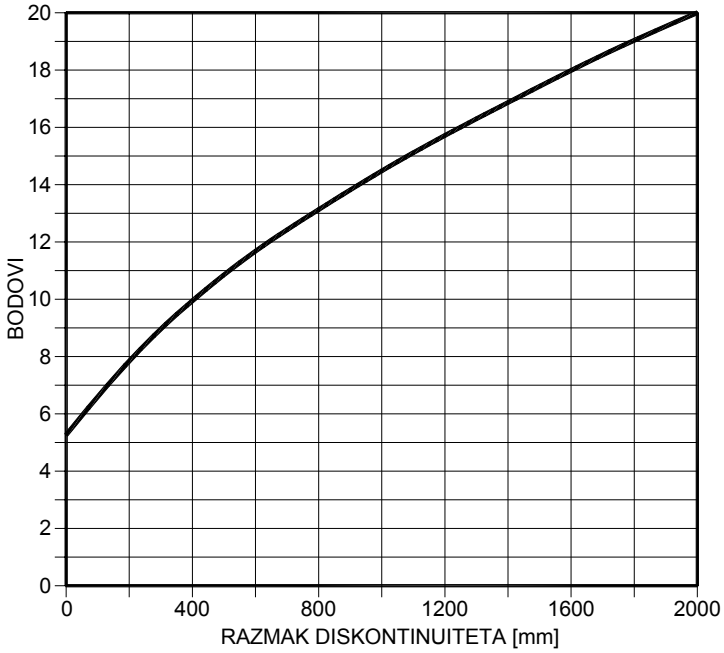


Slika 8-02-1 Pripadni bodovi za čvrstoću stijenskog materijala



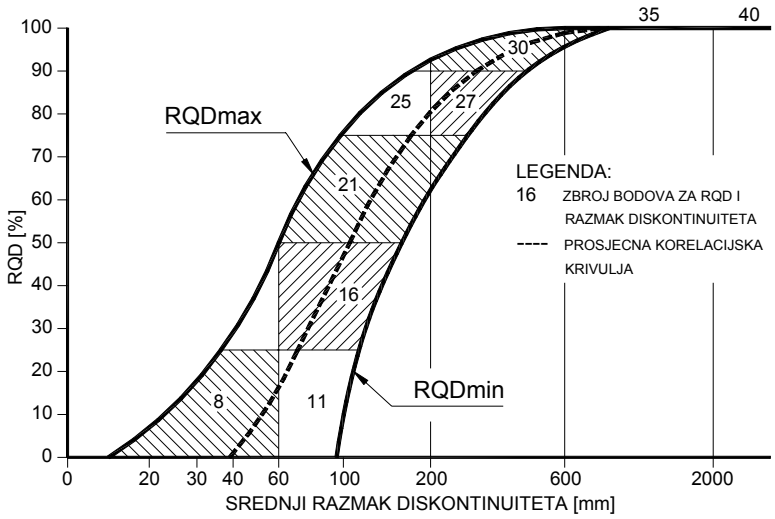
Slika 8-02-2 Pripadni bodovi za RQD

Razmak pukotina (diskontinuiteta) određuje se mjerenjem mjernom trakom okomito na diskontinuitete, na uzorku deset puta većem od procjenjenog razmaka. Pri određivanju parametra razmak diskontinuiteta potrebno je pridržavati se preporuka ISRM-a (Suggested Methods for the Quantitativ Description of Discontinuities in Rock Masses, ISRM 1978).



Slika 8-02-3 Pripadni bodovi za razmak diskontinuiteta

Pripadni bodovi za razmak diskontinuiteta mogu se točnije odrediti na osnovi dijagrama na slici 8-02-3 (Bieniawski 1989).



Slika 8-02-4 Korelacija RQD-a i razmaka diskontinuiteta

Bodovi pridruženi parametru "razmak diskontinuiteta" odnose se na stijensku masu s tri skupa pukotina. U slučaju kada imamo manje od tri skupa pukotina bodove treba povećati za 30 % (Laubscher 1977).

Ukoliko nedostaju podaci za RQD ili razmak diskontinuiteta za procjenu parametra koji nedostaje može se koristiti dijagram na slici 8-02-4 (Bieniawski 1989), nastao na osnovi korelacionih podataka (Priest, Hudson 1976).

Stanje diskontinuiteta odnosno pripadni bodovi mogu se točnije odrediti na osnovi tablice 8-02-5 (Bieniawski 1989). Pri određivanju parametra stanje diskontinuiteta potrebno je pridržavati se preporuka ISRM-a (Suggested Methods for the Quantitativ Description of Discontinuities in Rock Masses, ISRM 1978).

Tablica 8-02-5 Pripadni bodovi za stanje diskontinuiteta

PARAMETAR	PODRUČJE VRIJEDNOSTI				
Dužina diskontinuiteta	<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m
Bodovi	6	4	2	1	0
Zijev	zatvorene	<0,1 mm	0,1-1,0 mm	1-5 mm	>5 mm
Bodovi	6	5	4	1	0
Hrapavost	vrlo hrapave	hrapave	neznatno hr.	glatke	skliske
Bodovi	6	5	3	1	0
Ispuna	bez ispune	tvrda ispuna		meka ispuna	
		<5 mm	>5 mm	<5 mm	>5 mm
Bodovi	6	4	2	2	0
Rastrošenost	nerastrošene	neznatno rastrošene	umjereno rastrošene	jako rastrošene	potpuno rastrošene
Bodovi	6	5	3	1	0

Podzemna voda ima značajan utjecaj na ponašanje ispucalih stijenskih masa uglavnom na dva načina: ispiranjem pukotinske ispune i smanjenjem posmične čvrstoće pukotina te dodatnim opterećenjem uslijed pritiska vode u sustavu pukotina. Pripadni bodovi određuju se na osnovi tablice 8-02-1.

Utjecaj pružanja i nagiba diskontinuiteta u tunelogradnji dat je kvalitativno u tablici 8-02-2, a pripadni bodovi u tablici 8-02-3. Pri snimanju parametra pružanja i nagiba diskontinuiteta potrebno je pridržavati se preporuka ISRM-a (Suggested Methods for the Quantitativ Description of Discontinuities in Rock Masses, ISRM 1978).

8-02.0.2 Posebne odredbe

U zonama portala i zonama malog nadsloja gdje je visina nadsloja manja od širine tunela (H<B) stijenska masa se bez obzira na rezultate kategoriziranja treba svrstati u V kategoriju.

Ukoliko se prilikom iskopa registriraju različite kategorije stijenske mase u istom presjeku, kategorija će se odrediti prema dijelu stijenske mase koji ima odlučujući utjecaj na stabilnost cijelog iskopa, odnosno podgradne zahtjeve. U većini slučajeva to će biti stijenska masa u svodu tunela.

Iskopi niša i proširenja tunela kao i poprečnih prolaza isto se kategoriziraju kao i osnovni tunelski presjek.

8-02.0.3 Izvedbeni projekt

Izvođač će kroz cijelo vrijeme odvijanja radova imati osiguranog projektnog konzultanta koji će za potrebe izvođača izrađivati dopune izvedbenog projekta uz ovjeru projektanta. Nadzornom inženjeru predat će se svi nacrti dovoljno vremena prije izgradnje (najmanje 14 dana), ili na međusobno dogovorene datume.

Prije početka bilo kakvog tunelskog iskopa izvođač će nadzornom inženjeru podnijeti na odobrenje izvedbene nacrte i/ili opis ponuđene metode i faza iskopa, uključujući mjere podgrađivanja iskopa, potrebnu odvodnju gradilišta, mjere sigurnosti i rezultate provedenih probnih ispitivanja.

Na temelju sustava kategorizacije stijena, izvođač će podnijeti nadzornom inženjeru na odobrenje detaljni plan faznosti rada za iskop i podgrađivanje u svakoj kategoriji stijene i za svaki tip poprečnog profila iskopa kao i metodu iskopa, gdje će biti opisana metoda, način iskopa i način prijevoza.

Svi radovi miniranja izvest će se prema projektu miniranja i u skladu s domaćim propisima u pogledu mjera opreza i mjera sigurnosti pri rukovanju eksplozivima, te u skladu s ovim OTU.

Prije planirane upotrebe eksploziva izvođač mora obavijestiti nadzornog inženjera, treće strane, nadležne institucije i službe koji imaju interese u tim zahvatima ili na koje će ti zahvati vjerojatno utjecati. Izvođač mora obavijestit nadzornog inženjera i ostale navedene osobe i službe najmanje 14 dana prije planirane upotrebe eksploziva.

Projekt miniranja podnosi se nadzornom inženjeru za svaki tip poprečnog presjeka ili dijela presjeka, a obuhvatit će sljedeće podatke:

- model bušenja, promjere bušotina, udaljenost, dubinu i nagib.
- tip, jačinu, količinu (težinu) i patrone eksploziva koji će se koristiti u svakoj pojedinoj bušotini, u svakom slijedu i ukupne vrijednosti za svaki ciklus miniranja.
- raspored opterećenja u bušotinama i prvo punjenje u svakoj bušotini.
- tip, slijed i broj usporenja, uzorak usporenja; shemu ožičenja za miniranje; veličinu i tip učvršćenih vodova i vodećih vodova; tip i kapacitet izvora paljenja; tip stroja za miniranje sa ispustom kondenzata.
- učvršćenje/zaštita bušotina i prekrivanje ili pokrivanje miniranog područja.
- pisani dokazi o kvalifikacijama osoba koje će biti izravno odgovorne za nadzor punjenja i paljenja.

Miner mora voditi evidenciju o broju ispaljenih mina, vremenu paljenja, tipu i težinama upotrebljenog eksploziva i tipu i broju detonatora zajedno s evidencijom stanja na svakoj lokaciji nakon miniranja. Primjerak tog zapisa dostavit će se nadzornom inženjeru na kraju svake smjene u kojoj se vršilo miniranje.

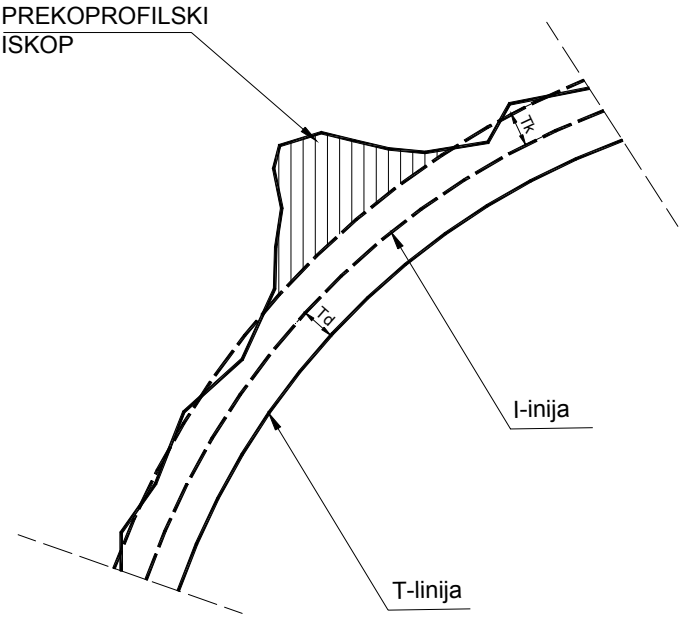
Materijal iskopan u tunelu odvesti će se na lokaciju određenu projektom ili odlagalište, ukoliko drugačije ne odredi nadzorni inženjer.

Prije nego se bilo koji materijal odveze na odlagalište, izvođač će nadzornom inženjeru na odobrenje predati lokaciju odlagališta i površina za odlaganje, ako to projektom nije rješeno. U prijedlogu će se nalaziti svi bitni podaci o odlagalištu, opis radnih metoda, opis i proračun stabilnosti, odredbe o sigurnosti kao i planovi privremene i stalne odvodnje kao i konačno uređenje zemljišta.

8-02.0.4 Izvođenje

Definiranje profila iskopa

Profil iskopa naveden u nacrtima projekta odnosi se na projektirani profil iskopa koji se definira kao T-linija (vidi sl. 8-02-5).



Slika 8-02-5 Deformacijske i konstrukcijske tolerancije i prekoprofilski iskop usljed nepovoljnih geoloških uvjeta.

Ovisno o kakvoći stijene, izvest će se odgovarajuće proširenje kako bi se ostavilo dovoljno prostora za radijalne deformacije (Td) i konstrukcijske tolerancije (Tk).

Profil iskopa definiran kao I-linija (vidi sl. 8-02-5) odnosi se na teorijski profil za kompenzaciju radijalne deformacije za razne kategorije stijenske mase, i uzima u obzir mogućnost deformacije (Td).

Tijekom iskopa temeljem iskustva vrijednosti date u projektnoj dokumentaciji za očekivanu deformaciju potrebno je podešavati stvarnim deformacijama. Podešavanja će obavljati za izvođača projektni konzultant, a odobravat će ih nadzorni inženjer.

I-linija predstavlja najmanji profil iskopa. Općenito, stijena neće stršiti unutar te linije u času iskopa.

Izvođač će poduzeti sve moguće napore da profil zadrži onako kako je definirano I-linijom, obavljajući pažljivo kontrolu bušenja i varirajući različite elemente metode glatkog miniranja (smooth blasting) ili metode miniranja “pre-spliting”.

Kako bi se profil iskopa održao kako je definirano I-linijom, izvođač mora uzeti u obzir kontrukcijsku toleranciju (Tk) za iskop i postavljanje podgrada. Konstrukcijska tolerancija (Tk) također će obuhvaćati nepreciznost mjerenja.

Prekoprofilni iskop

Prekoprofilni iskop je prostor stvoren kad se tlo odlomi više od projektiranog profila, uključujući i deformacijske i konstrukcijske tolerancije. Ovaj prekoprofilni iskop može nastati radi neodgovarajuće izvedbe i nepažljive tehnike rada (što se može izbjeći) i/ili iz razloga na koje izvođač ne može utjecati (što je neizbježno - opravdano).

Opravdani prekoprofilni iskop uzrokuju dva izvora:

- prirodno odlamanje koje se ne može izbjeći pažljivim radom i odgovarajućom izvedbom.
- ekstremno nepovoljni i/ili nepredvidivi geološki uvjeti.

Opravdani prekoprofilni iskop i odvale znači da je izvođač posvetio najveću pažnju i obavio najbolju moguću izvedbu, a da ipak nije mogao spriječiti prekoprofilni iskop radi prevladavajućih nepovoljnih geoloških uvjeta, t.j. da dolazi do iskopa izvan granične linije iskopa koja je određena projektom za određenu kategoriju stijene.

U slučaju prekomjernog prekoprofilnog iskopa, odmah je potrebno postaviti podgradu kako bi se stabiliziralo tlo. Nadzorni inženjer o tome će biti pravovremeno izviješćen. Između izvođača i nadzornog inženjera razmatraju se i dogovaraju mjere sanacije.

Detaljni nacrt za sanacijske radove izradit će izvođač/ projektni konzultant a odobrit će ga nadzorni inženjer. Sanacijski radovi obavljaju se prije daljnjeg napretka na čelu, osim ako drukčije odobri ili naredi nadzorni inženjer.

Kada se utvrdi da su fizički uvjeti bili izvan kontrole izvođača, a uzrok su prekoprofilnog iskopa, i da do njega nije došlo zbog neispravne metode rada ili nebrige, šupljina ili prostor nastao ovim iskopom izmjerit će se na licu mjesta. Materijal potreban za obavljanje projektirane sanacije kvantificira se a nadzorni inženjer ga odobrava i ovjerava za plaćanje.

Privremena osiguranja iskopa, koja postavlja izvođač radi zaštite ljudi i mehanizacije, a koji ne predstavljaju konstruktivni dio primarne podgrađe ne će se obračunavati, jer spadaju u zaštitne mjere koje je dužan osigurati izvođač.

Prekoprofilni iskop i sve nastale odvale, kaverne ili špilje, bez obzira da li su nastali iz geoloških opravdanih razloga ili krivicom izvođača, potrebno je detaljno snimiti u poprečnom i uzdužnom smjeru i to prije i nakon izvršene sanacije. Uz svaku snimku treba priložiti način rješenja sanacije s predmjerom izvršenih radova iz čega će biti vidljiv prekoprofilni iskop i zapremina odvala ili kaverni kao i količina i vrsta utrošenog materijala za sanaciju.

Oprema

Sva mehanizacija i oprema za radove tunelskog iskopa i transporta treba biti prikladna za navedene radove u pogledu izvedbe i važećih hrvatskih propisa o sigurnosti, a isto će tako udovoljavati uvjetima programa i dinamike izgradnje, koji se podnose na odobrenje nadzornom inženjeru.

Mehanizacija i oprema za radove tunelskog iskopa napajat će se električnom energijom, komprimiranim zrakom ili dizel motorom. Dizel motori moraju imati filtre za pročišćavanje ispušnih plinova. U radovima tunelskog iskopa neće se koristiti uređaji na benzin ili parafin. Bušenje stijena sa ispiranjem vodom nije dopušteno u stijenskim formacijama osjetljivima na vodu, osim ako to zahtijevaju uvjeti tla, i to po odobrenju nadzornog inženjera.

Geodetsko vođenje osi tunela

Izvođač je dužan imati na gradilištu tunela stručnu geodetsku ekipu cijelo vrijeme građenja tunela. Ekipa mora biti opremljena suvremenim geodetskim instrumentarijem, odgovarajućom opremom za mjerenja u zatvorenom tamnom prostoru, s adekvatnim prijevoznim sredstvima. Dužnost joj je da čitavo vrijeme građenja određuje i kontrolira tlocrtni i visinski položaj izvedenih elemenata tunela.

Investitor je preko nadzornog inženjera dužan predati izvođaču, geodetski elaborat tunelske osnove za sve tunele dulje od 200 m, te sve numeričke podatke i nacrte za pravilno vođenje iskopa tunela te građenja pojedinih elemenata tunela.

Investitor je preko nadzornog inženjera dužan zapisnički predati izvođaču propisno postavljene stabilizirane stalne geodetske točke kod portala tunela s pripadnim položajnim opisima, njihovim koordinatama i visinama u sustavu državne izmjere.

Ove stalne geodetske točke izvođač mora čuvati od oštećenja tijekom cijelog vremena građenja tunela. U slučaju oštećenja ili potrebe za dodatnim točkama izvođač će obavijestiti nadzornog inženjera radi potrebe njihovog stručnog obnavljanja ili premještanja.Troškove ovih radova snosi izvođač.

Tijekom radova na iskopu tunelske cijevi izvođač će stabilizirati na svakih 500 m stalnu točku prema geodetskim pravilima i zaštititi je od oštećenja. Ove stalne točke služit će za kontrolna mjerenja ostvarene osi tunela za potrebe investitora i kontrolu izvođenja iskopa tunelske cijevi.

Postavljanje stalnih točaka treba izbjegavati na mjestima gdje postoje mogućnosti izdizanja podnožnog dijela iskopa, odnosno pomaka radi specifičnih geoloških uvjeta.

Investitor će putem geodetskog nadzora vršiti povremenu kontrolu stabiliziranih stalnih kontrolnih točaka. Izvođač mora geodetskoj ekipi nadzora omogućiti neometani rad u dogovorenom vremenskom terminu, nužnom privremenom obustavom radova u tunelu i posebno ventiliranjem tunela radi smanjenja prašine u zraku tunelske cijevi.

Izvođač je dužan ovoj geodestkoj ekipi nadzora dati na uvid i korištenje sve svoje snimljene geodetske podatke.

Podaci kontrolnih mjerenja i rezultati njihove obrade su mjerodavni za daljnje radove i prilažu se kao posebni elaborati poslije svakog kontrolnog mjerenja, građevinskoj dokumentaciji građenja tunela.

Geodetska kontrola iskopa

Za potrebe geodetske kontrole iskopa tunela izvođač mora upotrebljavati adekvatan suvremeni geodetski instrumentarij s mogućnosti primjene elektroničkih daljinomjera i posebnih uređaja za infracrveno ili lasersko mjerenje profila iskopa tunelske cijevi ("profiler").

Snimanje iskopanog profila potrebno je vršiti po mogućnosti nakon svakog koraka kod napredovanja iskopa, ali ne manje od jednog mjerenja na 10 m iskopa, radi potrebnih korekcija položaja minskih rupa kod bušenja.

Mjerenja provodi izvođač preko svoje geodetske ekipe neposredno nakon iskopa na obodu stjenske plohe tunelskog otvora ili na prvom sloju mlaznog betona kod dobrih kategorija (1, 2 i 3).

Ako je stjenska masa 4 i 5 tunelske kategorije mjerenja se provode nakon potpunog završetka primarne podgrade pošto je ručno po obodu čeličnih lukova na svaka 2,0m izmjeren razmak od unutarnjeg vrha čeličnog luka do sraslog tla konture iskopa.

Ovako izmjerena površina iskopa dodat će se onoj izmjerenoj na konačno završenoj primarnoj podgradi.

Kontrolna mjerenja geodetskog nadzora su u odnosu na mjerenja izvođača u omjeru 1:3 i provodit će se vlastitim geodetskim instrumentarijem.

Sva geodetska mjerenja potrebno je prikazati i u grafičkoj formi u mjerilu koje odredi nadzor i redovno dostavljati na uvid nadzornom inženjeru.

Tunelsku os potrebno je iskolčiti s točnošću od ± 1,0 cm.

Postavljanje obodnih minskih bušotina potrebno je izvesti s točnošću od ± 3,o cm.

Geodetska mjerenja iskopa i opravdanih odvala treba biti s točnošću od ± 3,0 cm.

Ako se iskop vrši rotacionim bušilicama u punom profilu ("krticama"), nužno je potrebno osigurati automatsko lasersko vođenje bušilice na osnovu redovno kontrolirane geodetske osnove i kontrolnih stalnih točaka u tunelskoj cijevi.

Svako opravdano prekoprofilsko odstupanje iskopa mora se redovno konstatirati i geodetskim mjerenjem evidentirati uz obveznu suglasnost od strane nadzornog inženjera.

Svako neopravdano prekoprofilsko odstupanje iskopa mora se konstatirati i geodetskim mjerenjem evidentirati uz obveznu suglasnost od strane nadzornog inženjera

Izvođač je odgovoran za osiguranje da minimalni profil za završnu oblogu bude onakav kako je prikazano na nacrtima projekta.

Izvođač može predložiti korištenje i naprednijih tehnika geodetskih mjerenja i obrade podataka kako bi snimio završni iskopni profil.

Donja razina iskopa (niveleta posteljice) ili dno podnožnog svoda izvesti sa točnošću 0 do ±5,0 cm u odnosu na teorijsku kotu iskopa.

Ako razina iskopa dna, nakon čišćenja od mulja ili lošeg materijala bude niža od -5,0 cm ispod projektiranog, izvođač će taj prekop popuniti kvalitetnim materijalom za donji nosivi sloj kolničke konstrukcije ili betonom sve do projektirane teorijske razine, ili prema uputi i odobrenju nadzornog inženjera, a na svoj trošak.

8-02.1 ISKOP

Izbor metode iskopa, način miniranja i sustav podgrađivanja zavisit će o kategoriji stijene u kojoj se izvodi tunelski iskop. Postotak učešća pojedinih kategorija stijenske mase u cijelom tunelu dat je prognozno na bazi prognoznog geološkog profila. Povećanje ili smanjenje učešća pojedinih kategorija stijene u iskopu tunela od projektom predviđenog, ne daje pravo izvođaču za izmjenu ugovorenih jediničnih cijena iskopa, već može imati samo utjecaj na skraćenje ili produljenje roka za radove na iskopu.

Ukoliko se kod iskopa u profilu pojavi stijena koja spada u razne kategorije iskopa, za određivanje kategorije iskopa ima odlučujući značaj, svojstvo stijene u kaloti iskopa, prema kojem će se odabrati način iskopa i odrediti osiguranje cijelog profila.

Bušenje i miniranje obavlja se na takav način da se osigura da stijena puca uzduž željenih linija. Izvođač je dužan za svaku kategoriju stijene bez posebne naknade, izvesti probnu donicu miniranja, kako bi odabrao najsvrsishodniji način tunelskog iskopa i izvršio promjenu pretpostavljenih parametara miniranja.

Promjer i razmak bušotina prilagodit će se stvarnim uvjetima stijene na gradilištu. Izvođač će razvijati i neprekidno usavršavati tehnike miniranja onako kako radovi napreduju kako bi dobio najbolju moguću površinu iskopa nakon miniranja.

Iskop stijene obavlja se primjenom suvremenih metoda miniranja. Kontrolirane metode miniranja kao što su glatko miniranje "SMOOTH BLASTING" ili metoda "PRE-SPLITTING" koristit će se kako bi prekoprofilnog iskopa bilo što manje i kako bi se spriječilo drobljenje površina stijene.

Miniranje se dopušta samo nakon što su poduzete odgovarajuće mjere opreza za zaštitu svih osoba, rada i imovine. Plakati sa obavijestima o miniranju moraju se polijepiti po gradilištu.

Prije svakog ispaljivanja izvođač mora dati usmeno upozorenje isprazniti područje i poduzeti potrebne mjere kako bi spriječio ulazak osoblja u opasno područje.

Ni u kojem slučaju otvori se ne smiju puniti dok se ne završe svi zahvati na bušenju. Nijednoj osobi neće biti dozvoljen pristup bušenju niti će bušenje započeti dok izvođačeva osoba zadužena za bušenje ne da dopuštenje.

Miniranje se obavlja samo pod vodstvom iskusnog operatera a eksplozivom rukuju samo mineri. Izvođač imenuje jednu stručnu osobu odgovornu za sigurnost eksploziva.

Iskop niša u bočnim zidovima tunela i poprečni prolazi, osim niša za parkiranje, izvest će se nakon postavljanja primarne podgrade u tunelu.

Primarna podgrada bočnih zidova tunela bit će pažljivo rezana uzduž profila niša ili poprečnih prelaza, a iskop će se obavljati tako da preostala podgrada ne pretrpi nikakvo oštećenje.

Iskop podnožnog svoda, ukoliko je njegova izvedba potrebna, treba izvesti neposredno nakon iskopa i osiguranja baznog dijela tunelskog profila. Mjere osiguranja prve i druge faze iskopa, tj. gornja i donja polovica tunela moraju biti u potpunosti gotove prije početka iskopa podnožnog svoda.

Iskop niša za parkiranje izvest će se proširenjem regularnog presjeka glavnog tunela.

Iskop u vrstama stijenske mase koje su visokoosjetljive na vodu, potrebno je obaviti uz posebnu pažnju, kako bi se izbjeglo svako oštećenje na stijeni. U ovim zonama potrebna je takva izvedba i kvaliteta izrade da se izbjegne kontakt između stijenske mase i vode.

Odmah nakon miniranja i bez ikakvog suvišnog odlaganja, izvođač treba izvršiti podgrađivanje da osigura iskop i zaposlene.

Elementi projektirane podgrade smatraju se dovoljnima za opću stabilnost tunela, međutim, izvođač će postaviti štapna sidra, ako to bude potrebno, na onim mjestima u stijeni da se spriječi rahljenje stijenskih blokova uz štolne i potkope.

Izvođač će redovno pregledavati tunelske bočne zidove i tjemene zone kako bi otkrio moguće pukotine ili znake nestabilnosti tunelske podgrade. Procjenu pukotina obavljat će projektant u suradnji sa nadzornim inženjerom uzimajući u obzir geotehnička mjerenja.

Bušenje, miniranje, iskop i izvedba mlaznog betona odvijaju se primjenom metoda i opreme koji mogu valjano kontrolirati prašinu, dim, pare, plinove, vlakna, maglu i izmaglicu.

Iskop tunela treba se odvijati kontinuirano, osim ako drugačije odobri nadzorni inženjer. Ako to stanje radova dopušta, prekid će se dopustiti vikendom i u vrijeme praznika, pod uvjetom da se radovi zaštite.

Prekid se neće dopustiti sve dok se ne završe svi elementi podgrade za utvrđenu kategoriju stijene. Osim toga, čelo iskopa zaštitit će se mlaznim betonom (odgovarajuće debljine), osim u uvjetima stabilne stijene, a po odobrenju nadzornog inženjera.

Za objekt u blizini miniranja, utjecaj vibracija od miniranja mjerit će se na lokacijama neposredno uz objekt najbliži površini koja se probija ili na nekoj drugoj lokaciji gdje je potrebno ograničiti jačinu vibracija. Mjerenje vršne brzine čestice vršiti će se odgovarajućim mjernim instrumentom duž tri ortogonalne osi. Jedna od njih mora biti paralelna s osi iskopa a jedna mora biti okomita na nju. Mjerenje brzina čestica obveza je izvođača. Popisi dobivenih vrijednosti dostaviti će se nadzornom inženjeru u dogovorenom obliku. Pomoću probnih ispaljivanja izvođač će dokazati da gore navedene vršene brzine neće biti premašene. Probna ispitivanja vršiti će se na početku miniranja na svakoj novoj lokaciji. Vršne brzine ne smiju preći propisane vrijednosti.

Za svaku kategoriju stijenskih masa u nastavku je dat karakterističan opis stijenske mase i uobičajeno ponašanje pri iskopu te načelne mjere na iskopu i stabilizaciji podzemnog iskopa.

8-02.1.1 Stijenska masa I kategorije

Masivna stijenska masa s manje od tri skupa pukotina ili stijenska masa s tri skupa valovitih i hrapavih, zatvorenih pukotina koje onemogućuju ispadanje blokova. Stijenska masa se u zoni podzemnog iskopa ne plastificira. Deformacije su reda veličine par milimetara i ostvaruju se tijekom i neposredno nakon iskopa. Prekoprofilni iskop je zanemariv. Moguć je iskop u punom profilu uz maksimalna napredovanja. Općenito nije potrebno podgrađivanje osim eventualnog mjestimično pojedinačnog sidrenja.

8-02.1.2 Stijenska masa II kategorije

Stijenska masa s tri skupa pukotina. Pukotine neznatno rastrošene na razmaku većem od 0,5 m. Općenito se stijenska masa u zoni podzemnog iskopa neće plastificirati. Deformacije su reda veličine par milimetara i ostvaruju se tijekom i neposredno nakon

iskopa. Mogućnost ispadanja plitkih blokova tijekom iskopa uzrokovat će manji prekoprofilni iskop.

Moguć je iskop u punom profilu uz maksimalna napredovanja.

Podgrađivanje je potrebno u svodu tunela. Podgrađivanje je moguće izvesti 20 m od čela iskopa. Eventualne lokalne pojave nestabilnih blokova u svodu treba riješiti pojedinačnim sidrenjem neposredno nakon iskopa.

8-02.1.3 Stijenska masa III kategorije

Stijenska masa s tri i više skupova pukotina. Pukotine su rastrošene na prosječnom razmaku od 0,2-0,6 m. Općenito će se stijenska masa mjestimično plastificirati u plitkoj zoni oko podzemnog iskopa ovisno o primarnom stanju naprezanja. Prosječne deformacije iznositi će nekoliko milimetara uz brzo smirivanje nakon iskopa i početka podgrađivanja. Količina prekoprofilnog iskopa ovisit će o lokalnoj orijentaciji diskontinuiteta. Moguća su ispadanja blokova tijekom iskopa i kavanja koja će uzrokovati veći prekoprofilni iskop.

Moguć je iskop u punom profilu uz dužinu napredovanja koja će ovisiti o mogućnosti ispadanja blokova. Preporučuje se napredovanje do 3 m.

Sustavno podgrađivanje svoda uz podgrađivanje zidova prema potrebi. Podgrađivanje je potrebno započeti nanošenjem mlaznog betona neposredno nakon iskopa i podgradu dovršiti 10 m od čela tunela.

8-02.1.4 Stijenska masa IV kategorije

Potpuno ispucala stijenska masa s potpuno rastrošenim pukotinama na razmaku do 0,2 m. Općenito će se stijenska masa plastificirati oko cijelog podzemnog iskopa. Dubina plastifikacije ovisit će o primarnom stanju naprezanja. Deformacije neće imati tendenciju smirivanja do postavljanja podgrade. Moguća su značajna ispadanja materijala prije postavljanja podgradnog sklopa.

Preporuča se iskop u dvije faze, gornja i donja polovica tunela. Dopušteno napredovanje iznosi 1-2 m.

Potrebno je sustavno podgrađivanje svoda i zidova tunela. Podgrađivanje treba započeti neposredno nakon iskopa i dovršiti nakon slijedećeg napredovanja, a za minimalnu kvalitetu stijenske mase podgradu treba dovršiti prije slijedećeg napredovanja.

8-02.1.5 Stijenska masa V kategorije

Potpuno dezintegrirana stijenska masa (rasjedne zone). Općenito se očekuju dublje zone plastifikacije stijenske mase oko podzemnog iskopa. Deformacije neće imati tendenciju smirivanja do postavljanja podgrade i u prosjeku će iznositi nekoliko cm. Kod navedene kategorije uobičajeno ne postoji inicijalna stabilnost podzemnog iskopa, te je prije iskopa potrebno izvršiti predpobijanje čeličnih kopalja ili u slučaju nekoherentnih materijala čeličnih platica u svodu tunela. Time će se prekoprofilni iskop svesti na minimum.

Preporuča se iskop u tri faze, gornja i donja polovica tunela te podnožni svod. Dozvoljena su napredovanja u prvoj fazi iskopa od 0,5-1 m.

Potrebno je sustavno podgrađivanje svoda i zidova tunela te ugradnja podnožnog svoda. Podgrađivanje treba započeti neposredno nakon iskopa i podgradu dovršiti prije

slijedećeg napredovanja. U određenim slučajevima biti će potrebno podgraditi i čelo iskopa.

U V kategoriji su obvezatna mjerenja pomaka na osnovi kojih će se procjeniti stabilnost podzemnog otvora u svakoj fazi iskopa i podgrađivanja.

8-02.1.6 Prekoprofilni iskop

Prekoprofilni iskop je prostor stvoren kad se tlo odlomi više od projektiranog profila, uključujući i deformacijske i konstrukcijske tolerancije. Ovaj prekoprofilni iskop može nastati radi neodgovarajuće izvedbe i nepažljive tehnike rada (što se može izbjeći) i/ili iz razloga na koje izvođač ne može utjecati (što je neizbježno-opravdano).

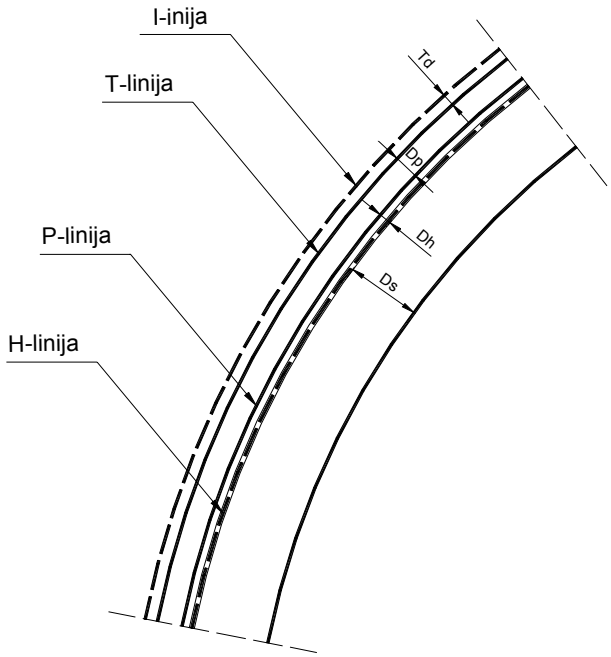
8-02.2 OBRAČUN ISKOPA

Rad specificiran u ovom poglavlju obračunat će se kako slijedi:

Iskop tunela i niša za parkiranje obračunava se u kubičnim metrima duž T-linije kako je prikazano na slikama 8-02-6 do 8-02-9 za svaku kategoriju stijenske mase. Duljina svake kategorije stijenske mase računat će se duž središnje linije tunela.

Obračunavanje se vrši za cjelokupni profil, bez obzira da li je iskop izveden u punom profilu ili po fazama. Iskop poprečnih prolaza u svim vrstama stijenske mase ovisno o tunelskoj kategoriji obračunava se u kubičnim metrima duž T-linije kako je prikazano na slici 8-02-9.

Iskop niša obračunava se po kubičnom metru uzduž T-linije, prema slici 8-02-9.

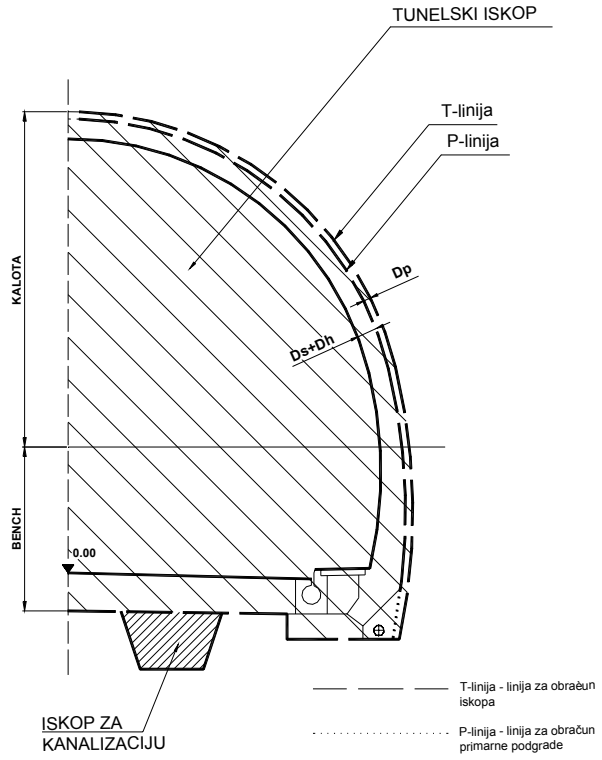


Slika 8-02-6 Linije za obračun i plaćanje

Proširenje profila iskopa uzimajući u obzir konstrukcijske tolerancije (Tk) i deformacijske tolerancije (Td) neće se obračunavati za plaćanje, već će biti uključene u jedinične cijene iskopa za pojedine kategorije stijenske mase (slika 8-02-5).

Opravdani prekoprofilni iskop nastao radi nepovoljnih geoloških uvjeta izmjerit će se na licu mjesta prema stvarnim količinama, kako je prikazano na slici slici 8-02-5. Opravdani prekoprofilni iskop manji od 2 m^3/m tunela neće se obračunavati.

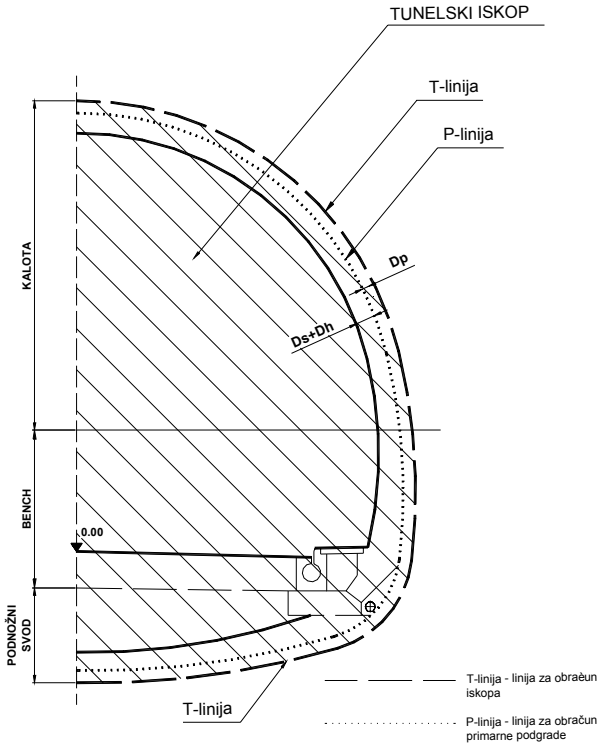
Na slici 8-02-6 oznaka Dp označava debljinu primarne podgrade, Ds označava debljinu sekundarne betonske obloge, a Dh debljinu hidroizolacijskih slojeva (debljina folije, zaštitnog sloja i izravnavajućeg betona). H linija označava liniju za obračun hidroizolacijskih slojeva (podložni sloj, izolacijski sloj i izravnavajući mlazni beton), P linija je linija za obračun mlaznog betona, armaturne mreže (svi slojevi) i čeličnih lukova, a T linija, liniju za obračun iskopa.



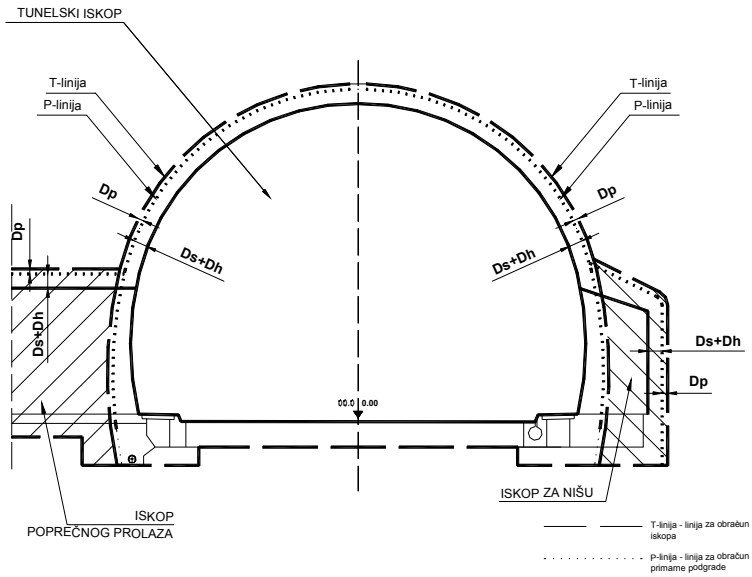
Slika 8-02-7 Linije za obračun i plaćanje iskopa tunela bez podnožnog svoda

Na slici 8-02-7, linije za obračun i plaćanje iskopa tunela bez podnožnog svoda, oznaka Dp označava debljinu primarne podgrade, Ds+Dh označava ukupnu debljinu završne betonske obloge i hidroizolacijskih slojeva. P linija je teoretska linija unutarnjeg ruba primarne podgrade, a T linija teoretska linija iskopa- linija za obračun iskopa.

Na slikama 8-02-8 i 8-02-9 oznaka Dp označava debljinu primarne podgrade, Ds+Dh označava ukupnu debljinu završne betonske obloge i hidroizolacijskih slojeva, P linija je teoretska linija unutarnjeg ruba primarne podgrade, a T linija označava teoretsku liniju iskopa ili liniju za obračun iskopa.



Slika 8-02-8 Linije za obračun i plaćanje iskopa tunela s podnožnim svodom.



Slika 8-02-9 Linije za obračun i plaćanje iskopa niša i poprečnih prolaza.

Dodatni iskop radi proširenja poprečnog presjeka ispod cijevnog krova "pipe roof"-a neće se posebno obračunavati.

Dodatni radovi i materijali potrebni radi pažljivog rada u vrstama stijenske mase sa velikom osjetljivošću na vodu (stijena koja bubri) neće se obračunavati.

Privremeno reguliranje vode za količine do 5 l/s, uključivo odgovarajuća drenaža, odvod i ispuštanje vode tijekom radova iskopa obveza je izvođača i neće se posebno obračunavati.

Privremena regulacija vode za količine iznad 5 l/s, obračunavat će se posebno u satima crpljenja. Voda koja se koristi za bušenje, ispiranje, injektiranje ili neke druge radove neće se obračunavati.

Teškoće vezane uz radove iskopa radi procjedne vode koja prelazi količinu od 10 l/s, obračunavat će se.

Obračunavanje neće obuhvaćati vodu korištenu za bušenje, ispiranje, injektiranje ili neke druge radove. Obračunavat će se samo dotok vode na udaljenosti od 20 m od svakog čela iskopa.

Teškoće vezane uz promjenu iskopa primjenom raznih faza razrade profila (kalote/bench/ podnožnog svoda), za iskop galerija u bočnom zidu i slično bit će obuhvaćeno u jediničnim cijenama za iskop i neće se posebno obračunavati.

Dodatni troškovi i ometanja nastali radi rušenja privremenih elemenata podgrade (na primjer unutrašnji zidovi ili bočne galerije, privremeni podnožni svod itd.) bit će obuhvaćeni jediničnim cijenama za iskop i neće se posebno obračunavati.

Dodatni troškovi za korištenje posebne opreme bit će obuhvaćeni jediničnim cijenama za iskop i neće se posebno obračunavati.

Ventiliranje tijekom izvedbe obveza je izvođača i neće se posebno obračunavati.

Rasvjeta tijekom izvedbe obveza je izvođača i neće se posebno obračunati.

Prijevoz materijala od mjesta iskopa u tunelu do privremenog ili stalnog odlagališta blizu portala tunela neće se posebno obračunavati već će biti obuhvaćeni jediničnim cijenama za iskop.

Prijevoz materijala od privremenog odlagališta blizu portala tunela na stalno odlagalište ili do mjesta gdje odredi nadzorni inženjer obračunat će se u kubičnim metrima čvrste stijenske mase (ne uzimajući u obzir razrahljivanje iskopanog materijala).

Iskolčenje osi tunela (tlocrtno, visinsko i snimanje profila) za vrijeme izvedbe obveza je izvođača i neće se posebno obračunavati.

Prekidi radova iskopa do 24 sata radi velikog dotoka vode, značajnog prekoprofilnog iskopa ili drugih nepredviđenih okolnosti neće se posebno obračunavati.

Prekid radova iskopa duži od 24 sata obračunavat će se u skladu s ugovorom i uz odobrenje nadzornog inženjera.

Prekidi radova iskopa do 2 sata radi visoke koncentracije eksplozivnih plinova (na primjer metan) neće se posebno obračunavati.

8-02.3 PLAĆANJE

Jedinična cijena za tunelski iskop obuhvaća svu radnu snagu, opremu i materijal potrebne za iskop u navedenim granicama, uklanjanje privremenih podgrada stijene (na primjer privremeni podnožni svod od mlaznog betona) potrebne promjene opreme za iskop, uklanjanje i odvoz svega iskopanog materijala od mjesta iskopa do portala tunela ili do odlagališta na dužinu do 1 500 m od odnosnog portala tunela.

Jedinična cijena za tunelski iskop obuhvaća i privremenu regulaciju vode, zapreke rada iskopa radi procjedne vode do 10 l/s, ometanja radi geotehničkih mjerenja i izrade geoloških karata, ometanja radi postavljanja elemenata podgrađivanja, ventilacije i rasvjete tijekom izgradnje, pripreme i prilagodbe pribora za miniranje i svih potrebnih dodatnih mjera.

Ometanja i problemi spomenuti u prethodnoj točki ovih OTU obuhvaćaju:

- Tunelski iskop za različite kategorije stijenske mase plaća se u jediničnim cijenama po kubičnom metru.
- Teškoće radova iskopa radi procjedne vode u količini većoj od 10 l/s plaća se u jediničnim cjenama po kubičnom metru materijala iskopanog tijekom prekomjernog dotoka vode.
- Privremena regulacija procjedne vode u količini većoj od 5 l/s plaća se po jediničnim cijenama po satu crpljenja. Jedinične cijene za privremenu regulaciju procjedne vode obuhvaćaju svu radnu snagu, opremu i materijal (na primjer cijevi, sabirne jame) potrebne za izvođenje rada.
- Prekid rada na iskopu dulji od 24 sata radi velikog dotoka vode, značajnog opravdanog prekoprofilnog iskopa ili radi drugih nepredviđenih događaja plaća se po jediničnim cijenama po satu prekida. Plaćanje se vrši samo onda ako se mineri, pomoćno osoblje i oprema koji se koriste u odnosnom čelu ne mogu prebaciti na drugo čelo
- Prekidi radova iskopa u trajanju od preko 2 sata radi nedopušteno visokih koncentracija plina plaćaju se po jediničnim cijenama po satu prekida. Plaća se samo onda ako se mineri, pomoćno osoblje i oprema koji se koriste na odnosnom čelu ne mogu prebaciti na drugo čelu.

Jedinična cijena za iskop obuhvaća svu radnu snagu, opremu i materijal potrebne za praćenje i razrjeđivanje koncentracije plina tijekom probijanja tunela, kao i potrebno prethodno bušenje radi ranog otkrivanja eksplozivnih plinova (metana).

Jedinična cijena za ponuđeni iskop bit će neovisna o metodi koja se stvarno koristi za tunelski iskop.

Jedinična cijena za prijevoz iskopanog materijala na lokacije koju odredi nadzorni inženjer ili na odlagalište na dužinu veću od 1500 m od odnosnog portala tunela obuhvaća svu radnu snagu i opremu potrebne za utovar, prijevoz i istovar materijala.

Utovar i istovar materijala na privremenim lokacijama odlagališta također su uključeni u jediničnu cijenu prijevoza.

Jedinična cijena iskopa također se primjenjuje na lokalno proširenje presjeka na privremenim portalima koje je potrebno radi povećanja debljine obloge tunelske cijevi.

Sva radna snaga, oprema i materijal potrebni za pročišćavanje i pripremu zagađene tunelne vode prije ispusta bit će obuhvaćeni jediničnom cijenom za iskop i ne plaćaju se posebno.

8-02.3 NORME I TEHNIČKI PROPISI

ENV 1991	Osnova za projekt i postupke na objektima,
ENV 1992	Projekt betonskih konstrukcija,
ENV 1997	Geotehnički projekt,
EN 12336	Strojevi za probijanje tunela – strojevi za izradu metodom štita, strojevi za bušenje potiskivanjem, oprema za postavljanje obloge – Sigurnosni uvjeti
EN 815	Sigurnost kod strojeva za bušenje metodom bez štita i strojevi za bušenje za stijene
EN 12110	Strojevi za izgradnju tunela – Pretkomore – Sigurnosni uvjeti
EN 12111	Strojevi za izgradnju tunela – rovokopači, mineri s neprekidnim djelovanjem i udarni riperi – Sigurnosni uvjeti
EN 60204	Električne instalacije
EN ISO/12236	Geoteksitl i proizvodi slični geotekstilu – test statičkog bušenja
EN ISO/16727	Plastična bituminizirana tkanina i vodotporni sloj; ispitivanje
EN ISO/16776	Plastični materijali za klaupe, polietilenski materijali za kalupe (PE); priprema sastojaka i određivanje njihovih svojstava
EN ISO/53363	Ispitivanje plastične folije; test na deranje na trapezoidnim uzorcima s uzdužnim prorezom
EN ISO/53370	Ispitivanje plastične folije; određivanje debljine mehaničkim mjerenjem
EN ISO/53377	Ispitivanje tankih slojeva plastike; određivanje dimenzionalne stabilnosti
EN ISO/53387	Umjetno trošenje i starenje plastike i elastomera izlaganjem zračenju ksenonskog luka
EN ISO/53455	Ispitivanje plastike, test na čvrstoću
EN ISO/53457	Ispitivanje plastike; određivanje modula elastičnosti pomoću ispitivanja na čvrstoću, kompresiju i savijanje
EN ISO/53479	Ispitivanje plastike i elastomera ; određivanje gustoće
EN ISO/53488	Ispitivanje plastične folije, test na rupe
EN ISO/53515	Određivanje čvrstoće na deranje gumenih elastomera i tankih slojeva plastike uz upotrebu Graves kutnog uređaja za ispitivanje (Graves angle test piece with nick)
EN ISO/53521	Određivanje ponašanja gume i elastomera usljed izloženosti tekućinama i parama
EN ISO/53532	Ispitivanje elastomera; utvrđivanje otpornosti elastomernih ploča na tekućine
EN ISO/53739	Ispitivanje plastike, utjecaj gljivica i bakterija, vizualna procijena, promjene u masi i fizičkim svojstvima
EN ISO/53861	Ispitivanje tekstila; test na svođenje i test na pucanje; definicije termina
ASTM 820	Standardna OTU za čelična vlakna za armirani beton
ASTM A569	Čelična ploča za klizne pločice
ASTM D1693	Kemijska otpornost

DIN 4062	Plastični materijali za spajanje dobiveni hladnim postupkom za kanalizacijske cijevi, vezivni materijali za predgotovljene dijelove betona, uvjeti, ispitivanje i obrada.

8-03 PODGRAĐIVANJE U TUNELU

8-03.0 OPĆENITO

Ovo potpoglavlje obuhvaća uvjete za primarno podgrađivanje tunela. Primarna podgrada obuhvaća one elemente tunelske obloge koji su potrebni za uspostavu stabilnosti tunelskog iskopa.
Radove podgrađivanja treba izvoditi prema posebnom geotehničkom projektu i ovim OTU.

8-03.0.1 Podnošenje dokumentacije

Prije početka bilo kog rada izvođač će podnijeti na odobrenje nadzornom inženjeru opsežan program za ispitivanje materijala i kontrolu kakvoće koji se odnose na sve elemente primarne podgrade.

Izvođač će podnijeti na odobrenje nadzornom inženjeru metodu ugradnje svakog tipa elementa, koja uključuje opis s pripadajućim uvjetima, proizvođačeve dokaze o uporabljivosti kojima se potvrđuje da korišteni materijal udovoljava uvjetima propisanim u projektu i ovim OTU.

Nadzorni inženjer treba sve podneske primiti najmanje 14 dana prije izvođenja radova iskopa ili u roku o kome se postigne međusobni dogovor.

8-03.0.2 Zapisi

Izvođač će voditi i održavati opsežnu evidenciju u kojoj će biti sadržani svi podaci o stvarno postavljenoj tunelnoj podgradi i njenoj izvedbi tijekom radova, i stavljat će je svakodnevno na uvid nadzornom inženjeru. Ova evidencija obuhvaćat će tip, količinu i lokaciju postavljenih podgradnih elemenata, slobodan profil nakon postavljanja podgrade, odstupanja od standardnog sustava podgrađivanja, uočavanje prekomjernih deformacija, pucanje mlaznog betona itd.

O uočenim prekomjernim deformacijama i pucanju mlaznog betona treba odmah izvijestiti nadzornog inženjera.

Izvođač će voditi evidenciju o stacionaži svakog položaja čela. Zapisi se svakodnevno podnose nadzornom inženjeru na odobrenje.

8-03.0.3 Isporuka opreme i materijala

Sva mehanizacija i oprema za izvedbu primarne podgrade bit će prikladna za navedene radove u pogledu kakvoće i pozitivnih hrvatskih propisa o sigurnosti.

Oprema će se valjano održavati, a rezervni dijelovi za opremu biti će u odgovarajućoj mjeri osigurani na gradilištu kako bi se osigurala neposredna raspoloživost opreme potrebne za postavljanje podgrade svugdje gdje se odvijaju radovi podzemnog iskopa.

Također je potrebno osigurati kontinuiranu dobavu materijala na sve radne lokacije na kojima se izvodi podgrada.

Izvođač će na svakoj lokaciji izvedbe čela tunela imati potreban materijal i opremu kako bi brzo i učinkovito djelovao u nepredviđenim situacijama kao što su neočekivano nestabilni stijenski uvjeti, veliki dotok vode itd. koji se ne mogu rješavati redovitim postupcima postavljanja primarnih podgrada.

Izvođač će na gradilištu skladištiti ili će imati odmah na raspolaganju najmanje dvotjedne zalihe svakog od podgradnih elemenata potrebnih prema kategorizaciji stijenske mase navedene u projektu, a u skladu sa programom rada.

8-03.0.4 Geotehničko praćenje

Osnovni strukturni materijal u tunelogradnji je stijenska masa ili tlo, odnosno prirodni materijal koji se nalazi u zoni trase tunela. Tuneli su linijske građevine te je neracionalno i uglavnom nemoguće provesti takav obim geotehničkih istražnih radova koji omogućuje pouzdano definiranje karakteristika i stanja osnovnog strukturnog materijala koji mogu značajno varirati duž trase tunela ovisno o složenosti geoloških formacija. Stoga geotehnički projekti tunela radi nepouzdanosti i nedostatnosti ulaznih podataka te složenosti samog problema daju rješenja koja se tijekom izvođenja trebaju verificirati ili prema potrebi modificirati.

Osnovni ciljevi geotehničkog praćenja gradnje tunela su:

- određivanje stvarne kakvoće stijenske mase duž trase tunela,
- verifikacija stabilnosti podzemnog iskopa.
- optimalizacija svih mjera na iskopu i stabilizaciji iskopa definiranih geotehničkim projektom,

Sva ispitivanja i analize koje se provode u sklopu geotehničkog praćenja tunela predstavljaju sastavni dio projektne dokumentacije tunela.

Za provođenje programa geotehničkog praćenja tunela zadužen je nadzorni inženjer. Nadzorni inženjer treba biti dipl. inž. građ. geotehničar specijaliziran za područje podzemnih geotehničkih konstrukcija ili u nadzornoj ekipi imati pomoćnika nadzornog inženjera dipl. inž. građ. geotehničara specijaliziranog za područje podzemnih geotehničkih konstrukcija sve do trenutka potpune stabilizacije podzemnog iskopa cijelog tunela.

8-03.0.4.1 Određivanje kakvoće stijenskih masa duž trase tunela

Za određivanje stvarne kakvoće stijenskih masa duž trase tunela potrebno je tijekom izvođenja tunela provesti:

- inženjerskogeološko kartiranje podzemnog iskopa tunela,
- kategoriziranje stijenskih masa,
- određivanje svih relevantnih parametara stijenskih masa.

Opis i postupak inženjerskogeološkog kartiranja podzemnog iskopa tunela i kategoriziranja stijenskih masa rade se na osnovu posebnih propisa i dati su u potpoglavlju 8-02.

Ukoliko karakteristike stijenskog materijala u iskopu bitno odstupaju od karakteristika datih posebnim geotehničkim projektom nadzorni inženjer će obavijestiti projektanta geotehničara i odabrati uzorke materijala iz iskopa za potrebna ispitivanja. Ispitivanja uzoraka će se obaviti u laboratoriju za mehaniku stijena ili tla prema odgovarajućim standardima za pojedine vrste ispitivanja.

Na osnovi rezultata ispitivanja projektant će obaviti potrebne analize te verificirati ili modificirati mjere na stabilizaciji podzemnih iskopa definirane geotehničkim projektom.

8-03.0.4.2 Program geotehničkih opažanja i mjerenja

Svrha geotehničkih opažanja i mjerenja je verifikacija stabilnosti podzemnog iskopa u svim fazama gradnje tunela te optimalizacija primjenjenih mjera na stabilizaciji iskopa.

Program geotehničkih opažanja i mjerenja definira projektant u geotehničkom projektu.

Geotehnička opažanja

Opažanje obuhvaća određivanje ponašanja stijenske mase na čelu tunela, snimanje procesa građenja i dnevni pregled ugrađenih podgradnih sklopova i nepodgrađenih dionica.

Zadatak je nadzornog inženjera da na osnovi geotehničkog opažanja uoči moguće zone nestabilnosti podzemnog iskopa. Stoga je potrebno neposredno nakon iskopa tijekom kavanja registrirati moduse ispadanja materijala oko podzemnog iskopa, potencijalno nestabilne blokove te za stabilnost kritične diskontinuitete.

Opažanjima je potrebno verificirati projektom predviđene dužine napredovanja, vrijeme stabilnosti nepodgrađenih raspona kao i vrijeme i redoslijed izvođenja svih propisanih mjera na stabilizaciji podzemnog iskopa, odnosno snimanje procesa gradnje i utjecaja pojedinih graditeljskih zahvata na stabilnost podzemnog iskopa.

Svakodnevno treba obavljati preglede ugrađenih podgradnih sklopova u cilju registriranja defekata na ugrađenim podgradnim sklopovima, i njihovog povezivanja s rezultatima inženjerskogeološkog kartiranja i mjerenja, te preglede nepodgrađenih dionica u cilju uočavanja eventualnih znakova nestabilnosti.

Geotehnička mjerenja

Geotehničkim in situ mjerenjima se ne provjerava samo stabilitet i primjenjeni projektni računski model, nego se i verificira osnovni koncept reakcije masiva na izvedbu podzemnog iskopa te djelotvornost podgradnih sklopova i svih mjera na stabilizaciji iskopa. Time mjerenja postaju integralni dio projekta.

Mjerenja u tunelogradnji se općenito dijele u tri skupine:

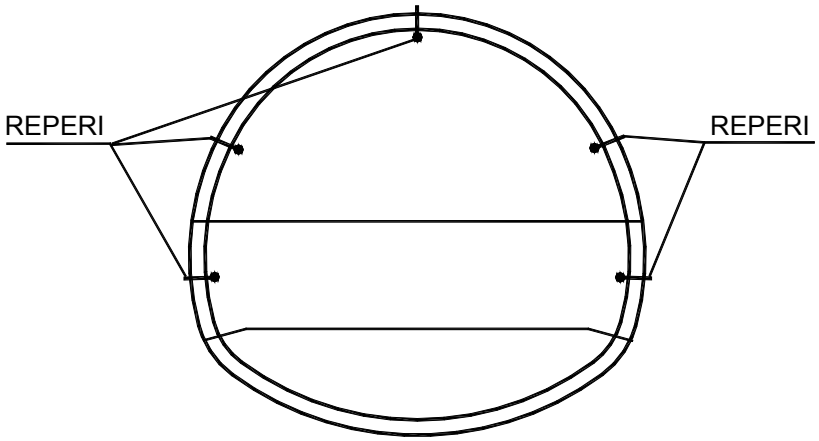
- kontrolna mjerenja koja prate deformacije podzemnog iskopa u cilju sigurnosti radnika i konstrukcije
- podgradna mjerenja koja prate pomake stijenske mase oko podzemnog iskopa te deformacije i naprezanja u elementima podgradnog sklopa u cilju optimalizacije svih mjera na iskopu i stabilizaciji iskopa,
- stabilizacijska mjerenja koja prate deformacije i naprezanja sekundarne betonske obloge u cilju dokaza stabilnosti tunela.

Kontrolna mjerenja

Osnovu kontrolnih mjerenja čine optička trodimenzionalna mjerenja deformacija podzemnog iskopa.

Kontrolni mjerni profil uobičajeno sadrži 5 mjernih točaka pozicioniranih na rubu podzemnog iskopa (slika 8-03.0.4-1). Mjerna točka se sastoji od nosača mjerne točke koji se ugrađuje u mlazni beton ili stijensku masu i na koji se postavlja birefleksni cilj ili prizmatski cilj. Mjerenja se provode elektonskim teodolitom s integriranim koaksijalnim sustavom mjerenja udaljenosti. Potrebna točnost mjernog instrumenta za mjerenja

udaljenosti treba biti ≥ ± 1 mm. Mjerenja se obično obavljaju u okviru sustava integriranog praćenja tunela koji također uključuje mjerenja slijeganja i provjeru položaja poprečnih profila tunela.



Slika 8-03.0.4-1 Kontrolni mjerni profil

Snimljeni rezultati mjerenja se odmah obrađuju na osobnom računalu pomoću posebnih programskih paketa za interpretaciju podataka i dostavljaju nadzornom inženjeru te prema potrebi i Projektantu geotehničaru putem modema.

Mjesta ugradnje kontrolnih mjernih profila odrediti će nadzorni inženjer tijekom izvođenja. Kod tunela u stijenskim masama kontrolni mjerni profili ugrađivat će se u zonama IV i V kategorije stijenske mase. U stijenskoj masi I do III kategorije ugradit će se po jedan kontrolni mjerni profil na svakih 100 m duljine tunela. Kod tunela u tlu kontrolni mjerni profili ugrađivat će se na svakih 10-15 m ovisno o tehnologiji izvođenja.

Postavljanje mjernih profila odnosno ugradnja repera vrši se u pravilu što bliže čelu tunela. Nakon ugradnje repere treba vidno obilježiti i zaštititi kako bi se izbjegla oštećenja. Mjerni profili će se označiti stacionažom i brojem, a reperi u profilu brojevima uz zadržavanje istog broja za određeni položaj repera u svim profilima.

Prvo mjerenje treba izvršiti najkasnije 24 h nakon iskopa. Mjerenja će se vršiti do potpunog prestanka pomaka. Učestalost mjerenja propisat će nadzorni inženjer s obzirom da pomaci ne ovise samo o vremenu nego i o procesu građenja, odnosno udaljenosti čela tunela od mjernog profila. Mjerenja će biti potrebno intenzivirati u slučajevima bržeg prirasta deformacija, odnosno pojava koje ukazuju na nestabilnost podzemnog iskopa.

Mjerenja treba provesti i nakon svakog daljnjeg građevinskog zahvata koji u zoni mjernog profila može izazvati nestabilnost otvora (iskop narednih faza).

U području svakog mjernog profila potrebno je snimiti proces iskopa i podgrađivanja, kao i sve daljnje građevinske zahvate koji mogu utjecati na rezultate mjerenja.

Interpretaciju rezultata mjerenja obavlja nadzorni inženjer na gradilištu neposredno nakon mjerenja. Osnovu za interpretaciju rezultata mjerenja čine rezultati numeričkog modela.

U slučaju značajnih odstupanja od rezultata dobivenih numeričkim modeliranje ili nesmirivanja pomaka unatoč primjeni osnovnih i dodatnih podgradnih mjera predviđenih geotehničkim projektom potrebno je izvjestiti projektanta geotehničara koji treba otkriti uzroke i stabilizirati geotehničku konstrukciju.

Podgradna mjerenja

Podgradna mjerenja se obavljaju u cilju verifikacije primjenjene metodologije iskopa i podgrađivanja odnosno optimalizacije svih mjera na iskopu i stabilizaciji iskopa te provjere rezultata numeričkog modela. Načelno se provode samo kod tunela u tlu ili kod tunela koji se većim dijelom nalaze u vrlo slabim stijenskim masama

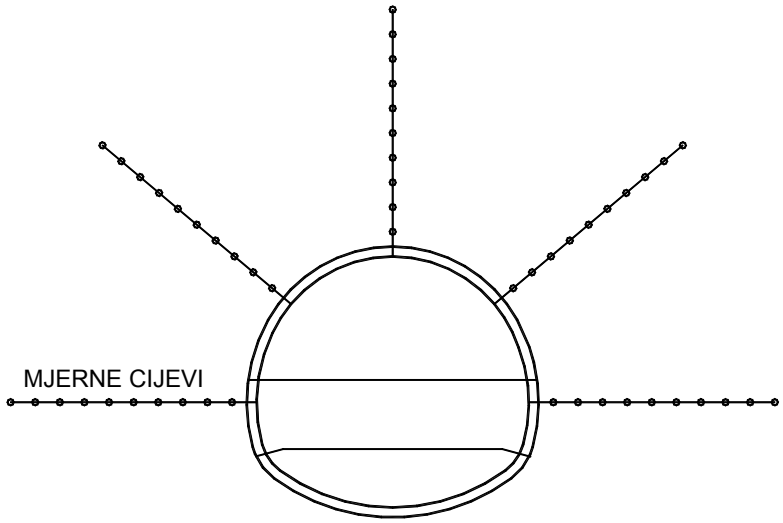
Sastoje se od mjerenja pomaka tla oko podzemnog iskopa i mjerenja naprezanja u elementima podgradnog sklopa.

Mjerenja pomaka tla oko podzemnog iskopa obavlja se iz tunela, a kod manjih nadsloja moguće je mjerenje s površine terena.

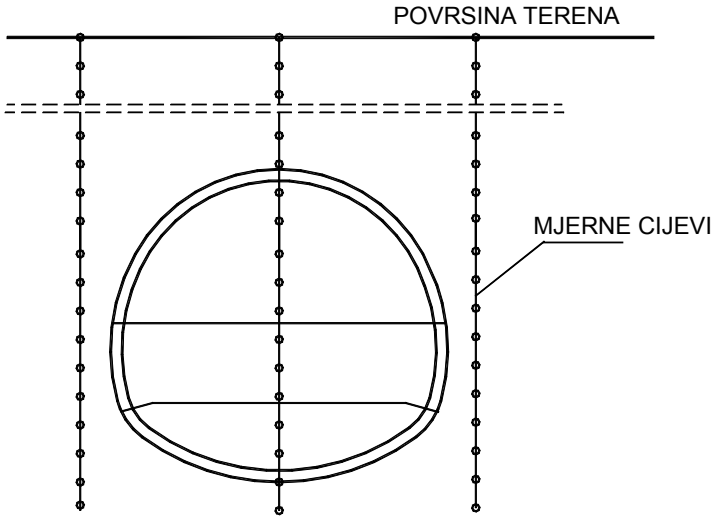
Za mjerenje pomaka iz tunela izbuši se uobičajeno pet bušotina radijalno postavljenih u odnosu na podzemni iskop. Duljina bušotina se određuje numeričkim modelom predviđene raspodjele pomaka oko podzemnog iskopa. U bušotine se ugrađuju i kontaktno injektiraju mjerne cijevi, a mjerenja pomaka u smjeru bušotina obavljaju se kliznim deformetrom. Unutar bušotina mjerne točke se nalaze na međusobnoj udaljenosti od 1 m.

Karakterističan podgradni mjerni profil za mjerenje pomaka oko podzemnog iskopa iz tunela prikazan je na slici 8-03.0.4-2.

U profilu se također provode i kontrolna mjerenja te geodetska mjerenja pomaka ušća bušotina. Profil se postavlja što bliže čelu tunela, a mjerenja se uobičajeno obavljaju kontinuirano, odnosno u razmacima do 12 h, ovisno o građevinskim zahvatima u zoni mjernog profila do potpunog prestanka pomaka.



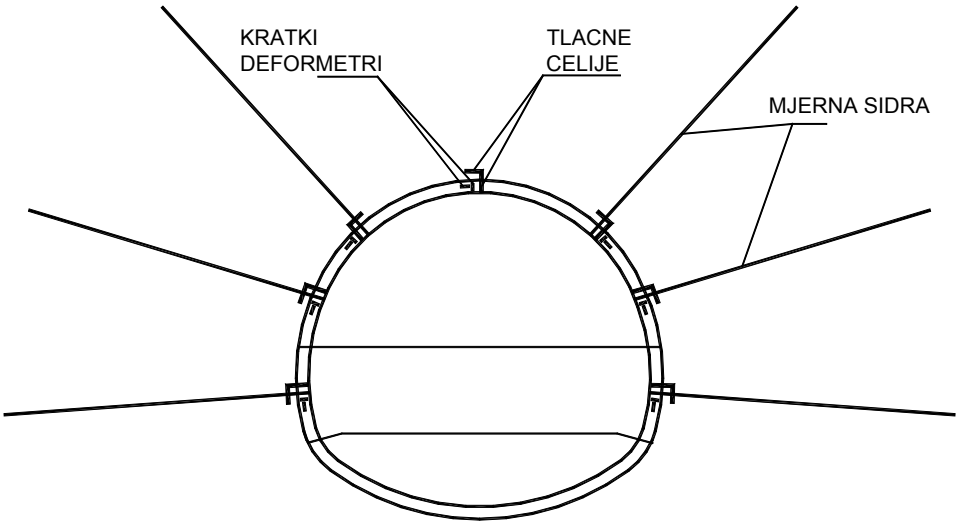
Slika 8-03.0.4-2 Karakterističan podgradni mjerni profil za mjerenje pomaka oko podzemnog iskopa iz tunela



Slika 8-03.0.4-3 Karakterističan podgradni mjerni profil za mjerenje horizontalnih i vertikalnih pomaka s površine terena

Prednosti mjerenja pomaka s površine terena su mogućnost registriranja pomaka ispred čela tunela te nesmetano mjerenje koje nije u koliziji procesom građenja. Karakterističan podgradni mjerni profil za mjerenje pomaka s površine terena prikazan je na slici 8-03.0.4-3.

Mjerenje naprezanja u elementima podgradnog sklopa sastoji se od mjerenja naprezanja i deformacija sidara i mjerenja naprezanja u mlaznom betonu i na kontaktu podgrade i okolnog medija.



Slika 8-03.0.4-4 Podgradni mjerni profil za mjerenje naprezanja u elementima podgradnog sklopa

Za mjerenje naprezanja i deformacija sidara koriste se mjerna sidra, a za mjerenje deformacija i naprezanja u mlaznom betonu kratki deformetri i tlačne ćelije. Tlačne ćelije se koriste i za mjerenje naprezanja na kontaktu tla i primarnog podgradnog sklopa. Mjerenja se obavljaju kontinuirano do potpunog prestanka promjena naprezanja. Karakterističan podgradni mjerni profil za mjerenje naprezanja u elementima podgradnog sklopa prikazan je na slici 8-03.0.4-4.

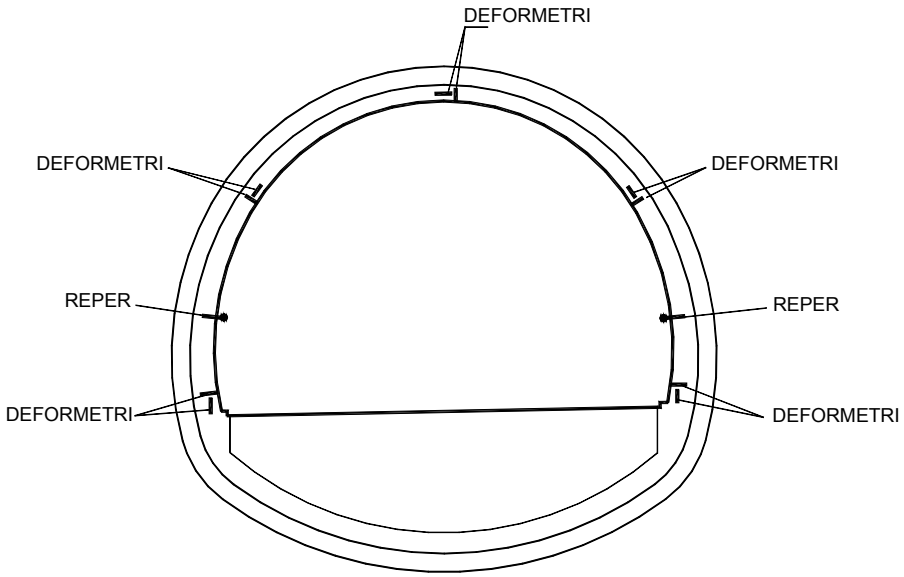
Radi bolje interpretabilnosti rezultata mjerenja podgradni mjerni profili se uobičajeno postavljaju na razmaku do 10 m grupirani u test sekcije. Test sekcije trebaju biti postavljene u jasnoj i za geotehničku jedinicu geološki reprezentativnoj lokaciji. Lokaciju test sekcija određuje Projektant geotehničar u suradnji s geologom.

Interpretaciju rezultata mjerenja na test sekcijama vrši projektant geotehničar u skladu s primjenjenim projektnim računskim modelom. Ukoliko rezultati mjerenja ukazuju na bitno drugačije ponašanje podzemnog iskopa potrebno je provjeriti i korigirati ulazne parametre (ispitivanjima i povratnim analizama) ili primijeniti adekvatniji računski model.

Testom čupanja sidara potrebno je prije početka radova na iskopu tunela (tijekom iskopa predusjeka) definirati nosivosti sidara. Ispitivanja se obavljaju u serijama od po pet sidara za svaku raspoloživu i bitno različitu geotehničku jedinicu. Sidra po tipu i tehnologiji ugradnje trebaju u potpunosti odgovarati sidrima koja će se ugrađivati u tunelu. Ispitivanje sidara treba provesti u skladu s preporukama ISRM-a (ISRM 1974).

Stabilizacijska mjerenja

Stabilizacijska mjerenja provode se nakon ugradnje sekundarne betonske obloge na mjestima gdje nije došlo do potpunog prestanka pomaka i kod materijala kod kojih se očekuju dugotrajni efekti uslijed bujanja ili rastrošbe. Mjerenjima se određuju opterećenje sekundarne betonske obloge u cilju dokaza stabilnosti tunela. Sastoje se od mjerenja deformacija betonske obloge i mjerenja konvergencije.



Slika 8-03.0.4-5 Stabilizacijski mjerni profil

Stabilizacijski mjerni profil sadrži pet mjernih mjesta u betonskoj oblozi s po 2 kratka deformmetra za mjerenje radijalnih i tangencijalnih deformacija betonske obloge, te mjerenje horizontalne konvergencije u jednom mjernom pravcu (sl. 8-03.0.4-5.)

Mjerenja započinju nakon skidanja oplate s betonske obloge i ovisno o registriranim promjenama naprezanja mogu biti dugotrajna i nastaviti se tijekom eksploatacije tunela u okviru stavke održavanja tunela. Interpretaciju mjerenja vrši Projektant geotehničar u suradnji s Projektantom tunela.

Napomena: U potpoglavlju geotehnička mjerenja prikazani su karakteristični mjerni profili koji odgovaraju sadašnjem razvoju tehnologije mjerenja. Stalan napredak na području mjernih tehnika neminovno će uzrokovati u budućnosti i promjene navedenih mjernih profila uz zadržavanje istih ciljeva. Također nisu prikazana mjerenja vezana za utjecaje na susjedne građevine, mjerenja stanja materijala ispred čela tunela, mjerenja vezana za probleme vode u tlu itd. odnosno posebna mjerenja koja prema potrebi određuje u programu mjerenja Projektant.

8-03.0.4.3 Procedura geotehničkog praćenja gradnje tunela

Svrha procedure je postizanje potpune kontrole nad ponašanjem podzemne geotehničke konstrukcije tunela u svakoj fazi izvođenja i u konačnici verifikacija stabilnosti konstrukcije. Time se omogućuje sigurno i ekonomično izvođenje tunela.

Izvođenje tunela treba započeti prema rješenjima datim u geotehničkom projektu.

Procedura se sastoji od slijedećih koraka:

- nakon svakog napredovanja potrebno je izvršiti inženjerskogeološko kartiranje iskopanog dijela tunela. Inženjerskogeološkog kartiranja obavlja geolog izvođača uz povremenu kontrolu
- na osnovi rezultata inženjerskogeološkog kartiranja provest će se kategoriziranje stijenskih masa prema geomehaničkoj kategorizaciji. Kategoriziranje je potrebno provoditi samo kod bitnih promjena geoloških i geotehničkih karakteristika stijenske mase duž trase tunela, a ne nakon svakog napredovanja. Kategoriziranje provodi nadzorni inženjer ili pomoćnik nadzornog inženjera geotehničar specijaliziran za područje podzemnih konstrukcija;
- na osnovi rezultata kategoriziranja nadzorni inženjer će odrediti pripadajući tip podgradnog sklopa kao i sve ostale mjere na iskopu i stabilizaciji iskopa prema rješenjima u projektu;
- Nadzorni inženjer će na osnovi geotehničkih opažanja verificirati ili modificirati projektne preporuke glede dužine napredovanja, procjenjenog vremena stabilnosti nepodgrađenih raspona kao i vremena i redoslijeda izvođenja svih propisanih mjera na stabilizaciji podzemnog iskopa;
- na osnovi rezultata geotehničkih mjerenja (kontrolna mjerenja) i opažanja nadzorni inženjer treba ustanoviti da li je došlo do stabilizacije podzemnog iskopa te da li se podzemni iskop ponaša u skladu s kriterijima datim u projektu;
- ukoliko ponašanje podzemnog iskopa bitno odstupa od projektom postavljenih kriterija nadzorni inženjer će obavjestiti projektanta geotehničara. Projektant će na osnovi ispitivanja materijala iz iskopa, rezultata geotehničkih mjerenja (kontrolna i podgradna mjerenja) i povratnih analiza korigirati ulazne parametre ili primjeniti adekvatniji računski model, te na osnovi rezultata modificirati sve potrebne mjere na stabilizaciji podzemnog iskopa;

- kada se uskladi računski model s ponašanjem podzemnog otvora moguće je na dužim dionicama s uniformnim geotehničkim karakteristikama stijenske mase pristupiti optimizaciji podgradnih sklopova. Optimizacija se postiže postepenom redukcijom podgradnog sklopa na početku dionice uz zadovoljavanje kriterija za verifikaciju stabilnosti podzemnog iskopa.

Rezultati svih navedenih postupaka i analiza sastavni su dio projektne dokumentacije tunela i od osobitog su značaja u slučaju bilo kakvih problema sa stabilnošću ili održavanjem građevine u budućnosti.

8-03.0.5 Geodetska kontrola profila

Izvođač treba provesti pažljivu i sustavnu provjeru završnog profila primarne tunelske obloge kako bi istu prilagodio da se ostvari projektirana debljina završne betonske obloge.

Kontrola profila provodi se bilo kontinuirano, pomoću profilne skele koja je opremljena šablonom, ili barem svaka 2,0 m po stacionaži, korištenjem usavršenih tehnika mjerenja.

Svako odstupanje od teorijskog profila za ukupnu debljinu završne betonske obloge popravit će se, bilo dodavanjem mlaznog betona bilo debljim unutrašnjim slojem betona. U slučajevima, prevelikog profila, ili potreba za reprofiliranjem dijela primarne obloge koja strši u projektom predviđeni minimalni profil, izvođač je obvezan obaviti ove radove bez dodatnog plaćanja.

Bez odobrenja nadzornog inženjera neće se obavljati nikakvi radovi reprofiliranja primarne obloge.

Izvođač je odgovoran osigurati da minimalni profil za završnu oblogu bude onakav kako je prikazano na nacrtima projekta. Da bi se utvrdila odstupanja od teorijskog profila izvođač će pribaviti pokretnu profilnu skelu koja će imati sklop šablona po obodu koje pokazuju najmanji traženi profil potreban za nominalnu debljinu završne (sekundarne) betonske obloge. Profilna skela će biti postavljena tako da se pokreće uzduž tračnica koje se koriste za pomicanje tunelske oplate. Potrebno je geodetskim metodama kontrolirati položaj tračnica, kako situativno tako i visinski , prije radova na kontroli profila. Treba omogućiti pristup za obilježavanje onih dijelova primarne obloge koji strše u zoni minimalnog profila. Profilna skela može biti izvedena kao radna platforma za reprofiliranje primarne obloge ako se to pokaže potrebnim i kao za druge radove na površinama primarne podgrade naznačene u ovim OTU.

Izvođač će podnijeti nadzornom inženjeru na odobrenje sve pojedinosti izvedbe profilne skele zajedno sa šablonom. Nakon odobrenja, nadzorni inženjer će izdati upute za sustavnu provjeru geometrije šablone tijekom profiliranja, geodetskim metodama.

Izvođač može predložiti korištenje naprednijih tehnika mjerenja i obrade podataka kako bi odredio završni profil.

Kontrola završnog profila neće se obavljati prije nego što geotehnička mjerenja pokažu da je veličina radijalnog pomaka u bilo kom položaju tunelskog oboda manja od 4 mm mjesečno.

Po završetku radova podgrađivanja, i nakon površinske obrade kako je opisano u ovim OTU, te nakon smirivanja deformacija (konvergencija) kako je navedeno u točki "Geotehnička mjerenja", završni profil za izradu sekundarne betonske obloge odgovarat će minimalnoj debljini kako je navedeno u nacrtima projekta.

Izvođač će nadzornom inženjeru podnijeti prijedlog za gore navedene radove, te će za svaku fazu radova voditi potrebnu tehničku evidenciju.

Završna provjera profila po završetku reprofiliranja i konačne površinske obrade, obavit će se u nazočnosti i suglasnost nadzornog inženjera i evidentirat će se u intervalima u uzdužnom smjeru kroz građevinski dnevnik.

Unutar teorijske linije završne betonske obloge ne smiju stršiti nikakvi elementi podgrade kao što je mlazni beton, sidrene glave, čelični lukovi itd.

U području podnožnog svoda i temeljnih greda ne smiju stršiti dijelovi stijene niti vršci stijene unutar teoretskih linija iskopa.

Za betonski podnožni svod od mlaznog betona nije dopušteno nikakvo smanjenje projektirane teorijske debljine betonske konstrukcije. Prekomjerni iskop mora se kompenzirati konstrukcijskim betonom ili mlaznim betonom za podnožni svod, kako je navedeno i projektom predviđeno.

Niše, udubljenja i slični objekti trebaju se izvesti uz toleranciju od ± 5,o cm u odnosu na projektiranu lokaciju. Odstupanja njihove veličine ograničena su na - 5,0 cm.

8-03.1 RADOVI PODGRAĐIVANJA TUNELA

Tunelska podgrada koja se postavlja odmah nakon iskopa izravno je vezana za utvrđenu kategorizaciju stijena. Projektom su dani standardni tipovi podgrade za očekivane kategorije stijenske mase.

Međutim, kao posljedica varijacija u odnosu na očekivane karakteristike stijenske mase, standardne tipove podgrade za očekivane kategorije stijenske mase potrebno je usklađivati tijekom izvedbe. Usklađivanje će se izvoditi u dogovoru s projektantom i nadzornim inženjerom.

Izvođač će ugraditi elemente podgrade takvim sljedom i na takav način da ne dođe do ispadanja i popuštanja stijenske mase ispred i oko iskopa tunela. Izvođač će osigurati čelo iskopa u skladu s projektom, ovim OTU i dogovoru s projektantom i nadzornim inženjerom.

8-03.1.1 Mlazni beton

Svi radovi sa mlaznim betonom izvode se u skladu s potpoglavljem 7-01.4.5 knjiga IV ovih OTU i Europskim specifikacijama za mlazni beton izdanih od European Federation of Producers of Specialist Products for Structures EFNARC ISBN 0 9522483 1 X, izdanje 1996 godine, ukoliko drukčije nije navedeno u ovom poglavlju.

Izvedba prskanja

Prije početka nanošenja mlaznog betona napraviti će se pripremni radovi za podgradu stijene:

- slaba i nevezana stijena bit će uklonjena s površine;
- stijena će biti kartirana tako da se može razjasniti ukupna potreba za podgradom, i
- mjesta propuštanja vode bit će isušena bilo drenažnim kanalima ili će biti začepljena upotrebom cementne smjese ubrzanog djelovanja - mortom ili injektiranjem.

Za prskanje će se poduzeti slijedeće:

- prethodno vlaženje bit će izvršeno osim ako nije specificirano drugačije,
- velike šupljine bit će pažljivo zapunjene prije glavnog nanošenja,
- prskanje će započeti od dna i nastaviti se prema gore da se izbjegne prskanje po odskoku,
- smjer mlaznice općenito će se održavati okomito prema površini,
- brzina i udaljenost prskanja bit će optimalna za maksimalno prianjanje i nabijanje mlaznog betona.

Optimalna udaljenost između mlaznice i površine ugradbe je 1,0 do 1,3 metra. Mlaznica se postavlja pod pravim kutem na površinu. Uobičajeno se koriste najmanje dvije mlaznice.

Najveća debljina jednog sloja mlaznog betona koja se ugrađuje neće biti veća od 15 cm. Ako debljina mora biti veća, sljedeći slojevi ne ugrađuju se prije nego prethodni sloj ne postigne dovoljnu čvrstoću da podnese dodatni sloj/slojeve. Ovi dodatni slojevi trebaju se ugraditi u roku od najviše tri dana.

Čelični lukovi, armaturna mreža i druge armature ubetoniraju se u mlazni beton kako je prikazano na nacrtima u projektu. Armaturne mreže i šipke moraju biti s unutrašnje strane prekrivene sa minimalno 2 cm mlaznog betona ili kako je navedeno u projektu. Ako se postavlja više od jednog reda armature, drugi red se postavlja nakon što se prvi ubetonira i prekrije mlaznim betonom.

U zdravoj stijeni, sloj mlaznog betona prati površinu stijene sa odgovarajućim zaobljenjem. Kod stršenja zdrave stijene stvarna debljina mlaznog betona može se lokalno smanjiti na dvije trećine specificirane debljine. Ovo se primjenjuje samo za dobre kategorije stjenske mase.

Otpadni mlazni beton će se ukloniti odmah po završetku svake ugradnje mlaznog betona. Ni u kom slučaju se otpadni materijal ne vraća u izvedbu. Rad se neprekidno mora odvijati tako da nema nikakvog otpadnog materijala.

Izvođač će utvrditi, a nadzorni inženjer odobriti način za određivanje ukupne debljine mlaznog betona. Određivanje debljine mlaznog betona može se izvoditi pomoću vizualnih markera/vodilica postavljenih prije ugradnje mlaznog betona ili rupama ubušenim nakon završetka ugradnje mlaznog betona.

Sloj mlaznog betona koristi se kao površinska podloga i primarni sloj za hidroizolaciju, u skladu sa ovim OTU.

Suhi postupak

Cement i agregati doziraju se u specificiranim i proračunatim omjerima. Mjerenje se obavlja težinski. Prilikom doziranja agregat treba biti osušen ili dovoljno ocijeđeni kako bi sadržaj vlage bio stabilan, ne veći od 7%.

Miješanje cementa i agregata obavlja se mehanički strojem za miješanje. Mlazni beton se ne ugrađuje ukoliko se ugradnja ne može završiti u roku od 90 minuta od vremena miješanja. Vremenski raspon bit će što kraći, naročito u razdoblju visokih temperatura zraka i velike vlažnosti. Vrijeme miješanja je najmanje 3 minute.

Izdatnica kojima se evidentira datum, vrijeme miješanja, broj mješavine, količina, mjesto isporuke, vrijeme isporuke i završetak ugradnje podnose se na odobrenje nadzornom inženjeru.

Za suhi postupak, praškasti ili tekući dodaci za ubrzanje vezivanja dodaju se suhoj mješavini. Praškasti dodaci se doziraju i dodaju na mjestu neposredno prije nego što suha mješavina ulazi u stroj za ugradnju mlaznog betona.

Tekući ubrzivač isporučuje se posebnom dozirnom pumpom i dodaje suhoj mješavini na sapnici ili blizu nje.

Tijekom hladnog vremena treba paziti da se održe svojstva vezivanja mlaznog betona zagrijavanjem vode, agregata, ili obojega, ovisno o temperaturi. Primjenjuju se odgovarajuće norme navedene u poglavlju 7 ovih OTU.

Tijekom razdoblja toplog vremena, sadržaj vode u agregatima za suhi postupak održava se iznad 4%.

Mokri postupak

U mokrom postupku primjenjuju se samo tekuće vrste sredstva za ubrzanje vezivanja. Ova sredstva dodaju se na sapnici ili blizu iste. Količina sredstva za ubrzanje vezivanja mora se kontrolirati od pumpe za ubrzivač kako bi bila proporcionalna kapacitetu pumpe za beton. Rad i materijal trebaju biti u skladu s poglavljem 7 knjiga IV ovih OTU.
Sapnica mora biti takova da se osigura homogeno miješanje ubrzivača sa mokrom mješavinom.

Njega mlaznog betona

Mlazni beton će se njegovati u skladu s uvjetima iz poglavlja 7 knjiga IV ovih OTU ili bilo kojom drugom metodom koja je pokazala da omogućava kontinuiranu hidratizaciju cementa tokom perioda njege.

Sredstva za njegu koja slabe vezu neće se koristiti gdje se treba nanijeti daljnji sloj mlaznog betona. Testovi na terenu o vezi između slojeva bit će izvršeni prije početka radova ako se koristi bilo koja druga vrsta sredstva za njegu.

Po potrebi, sredstvo za njegu će se ukloniti mlazom vode, pjeskarenjem ili sličnim postupkom, prije nanošenja narednog sloja. Zaštita od mraza potrebna je dok mlazni beton ne razvije tlačnu čvrstoću od najmanje 5 MPa.

Kontrola kakvoće

Kontrola kakvoće materijala i radova prema uvjetima iz poglavlja 7 knjiga IV ovih OTU.

8-03.1.2 Čelik za armiranje

Svi materijali dostavljeni na gradilište moraju biti u skladu s ovim OTU.

8-03.1.2.1 Armaturna mreža

Tip armaturne mreže i vrsta čelika treba biti u skladu s glavnim ili izvedbenim projektom. Preporuča se koristiti tipove prema HRN U.M1.091 od čeličnih profila vrste 500/560 prema HRN C.B6.013 ili vrste B500A ili B500B prema prEN 10080-5.

Dobava, skladištenje i povezivanje armaturne mreže prema poglavlju 7 knjiga IV ovih OTU.

Armaturna mreža ugraditi će se tako da što je moguće bolje prati nepravilnosti površine iskopa ili prethodnih slojeva mlaznog betona. Ista će biti postavljena tako da pri ugradbi mlaznog betona ne dođe do njenog pomicanja ili vibracija. Armaturna mreža postavljat će se u najvećim mogućim duljinama.

Preklop za armaturnu mrežu koji se primjenjuje kod obloga od mlaznog betona bit će najmanje dvostruko veći od udaljenosti razmaka žica u obodnom smjeru i jednak razmaku žica u uzdužnom smjeru. Armaturna mreža ugrađuje se tako da bude osiguran zaštitni sloj mlaznog betonom debljine najmanje 3 cm.

Ugradnju armaturne mreže odobrava nadzorni inženjer.

8-03.1.2.2 Armaturne šipke

Armaturne šipke potrebne su kod izvedbe tunelskih podgrada kao dodatno ojačanje u područjima velikih naprezanja a ovisno o lokalnim uvjetima tla. Koriste se rebraste armaturne šipke od čelika vrste Č0551 prema HRN C.K6.020 ili Razred B (Class B) prema prEN 10080-1.

Dobava, skladištenje i povezivanje armaturne šipke prema poglavlju 7 knjiga IV ovih OTU.

Armaturne šipke treba dobro učvrstiti na žičanu mrežu u prethodno postavljeni sloj mlaznog betona. Preklopi trebaju biti prikazani odgovarajućim nacrtima odobrenim od nadzornog inženjera. Armaturne šipke ugrađuju se tako da bude osiguran zaštitni sloj mlaznog betonom debljine najmanje 3 cm.

8-03.1.2.3 Armatura od čeličnih vlakana

Armatura od čeličnih vlakana mora biti u skladu s normom ASTM A 820:1996 *Standard Specification for Steel Fibers for Fiber-Reinforced Concrete* (*Standardna specifikacija za čelična vlakna za armiranje betona vlaknima*).

8-03.1.2.4 Čelični lukovi

Ovo potpoglavlje odnosi se na isporuku i ugradnju čeličnih lukova koji se koriste kao primarna podgrada u podzemnim iskopima. Čelični lukovi izrađuju se tako da udovolje geometrijskim uvjetima iskopa u svakoj kategoriji stijenskog materijala uključivo i odgovarajuće tolerancije.

Izrada čeličnih lukova

Čelike za lukove treba nabaviti od dobavljača s priznatom kakvoćom proizvoda te isti moraju biti certificirani. Izvođač treba dostaviti kopije proivođačevih dokaza o vrsti čelika s rezultatima ispitivanja koji se odnose na isporučene čelike.

Toplo valjani profili za lukove

Koriste se toplo valjani profili:

- srednje i širokopojasni I-profili,
- nizovi PE i HE prema DIN 1025-2, -3, -4 i –5,

- zvonasti TH-profili prema HRN B.M2.104,
- profili prema drugim normama ako je to predviđeno projektom.

Najmanja granica razvlačenja čelika profila je 240 N/mm^2, a u skladu s HRN C.B0.500 ili EN 10025.

Dimenzije lučnih nosača trebaju biti u skladu s projektom.

Čelični profili smiju se zavarivati samo prema propisanom tehnološkom postupku, koji mora biti u skladu s pripadajućim hrvatskim normama. Tehnološki postupak zavarivanja mora biti potvrđen i odobren od strane nadzornog inženjera.

Rupe za veze, razupore i sve vijčane spojeve smiju se izrađivati mehanički. Bušenje plamenom nije dopušteno.

Šipke, podložne ploče, vezice za lukove

Šipke, podložne ploče i vezice rade se od čelika najmanje granice razvlačenja 240 N/mm^2, a u skladu s hrvatskim ili europskim normama. Dimenzije moraju biti u skladu s projektom.
Spojne šipke s navojem i razupore moraju biti odgovarajuće duljine kako bi u simetralama lukova slobodni krajevi navoja izvan matica bili najmanje 25 mm.

Rešetkasti nosači za lukove

Rešetkasti nosači izrađuju se od zavarljivog armaturnog čelika najmanje granice razvlačenja 500 N/mm^2 prema prEN 10080-1 te od čeličnog lima i L-profila najmanje granice razvlačenja 240 N/mm^2 prema HRN C.B0.500 ili EN 10025. Izvođač treba nadzornom inženjeru dostaviti na odobrenje dokaze nosivosti rešetkastih nosača.

Zavarivanje rešetkastih nosača mora biti u skladu s normom HRN C.T3.095 ili s normama DIN 488-7 i DIN 4099.

Vijci za spajanje rešetkastih nosača moraju biti najmanje klase čvrstoće 8.8 prema HRN M.B1.023 ili DIN 267-2.

Ugradnja

Čelični lukovi postavljaju se prema nacrtima iz projekta. Koristit će se temeljni blokovi od tvrdog drva i klinovi za dovođenje čeličnih lukova u potrebni položaj. Za spajanje luka sa susjednim čeličnim lukom koristit će se šipke za učvršćavanje na licu mjesta. Čelični lukovi ubetoniraju se u mlazni beton debljine zaštitnog sloja najmanje 20 mm. Čelični lukovi postavljaju se okomito na os tunela. Spojevi lukova moraju osigurati predviđenu statičku nosivost luka.

TH-profile treba ugraditi tako da su konveksnom stranom okrenuti prema rubu otvora iskopa.

Dokumentacija

Nadzornom inženjeru se podnosi dokumentacija u skladu s ovim OTU. Osim gore navedenog, prije početka radova potrebno je podnijeti sljedeće:

- kompletne nacrte detalja izrade čeličnih lukova,
- detalje spojnica, spajanja lukova, odstojnika za lukove, geometrije itd,

- postupke postavljanja i dispozicioni nacrt,
- dokaze da materijal udovoljava propisanoj vrsti čelika,
- dokaz nosivosti rešetkastih nosača.

8-03.1.2.5 Piloti

Pilot je element podgrade koji se ugrađuje prije samih radova na iskopu. On se primjenjuje kod takvog stanja stijene i zemljanog tla koji imaju tendenciju izazvati prekoprofilni iskop, urušavanje ili nalet materijala odmah nakon iskopa.

Pobijanje pilota se može primijeniti lokalno ili sustavno, ovisno o tome kako zahtijevaju okolnosti za sigurnost radova i za sprečavanje prekoprofilnog iskopa.

Materijal

Za pilote se koriste šavne čelične cijevi nazivnog vanjskog promjera 42,4 mm i 48,3 mm. Debljina stijenke čeličnih cijevi bit će najmanje 3 mm. Duljina čeličnih cijevi bit će najmanje 1,0 m veća od predviđenog ciklusa iskopa. Čelik cijevi mora biti u skladu s HRN C.B5.025 ili EN 10217-1. Mort za injektiranje mora udovoljavati ovim OTU.

Umjesto čeličnih cijevi mogu se koristiti koplja od rebrastih armaturnih čeličnih šipki. Najmanji promjer koplja je 25 mm.

Ugradnja

Piloti se ugrađuju kako je prikazano na nacrtima u projektu ili prema uputi nadzornog inženjera. Razmak između cijevi ili šipki oko tjemena profila iskopa mora biti u skladu sa udaljenošću navedenom na nacrtima, ali se mora prilagoditi prevladavajućim geodetskim uvjetima na čelu tunela.

Čelične cijevi ili koplja postavljaju se u prethodno bušene rupe na razmaku 30 do 40 cm.

Zalijevanje cijevi mortom, prije ili nakon postavljanja cijevi, određuje izvođač u dogovoru s nadzornim inženjerom.

8-03.1.2.6 Čelične platice

Čelične platice koriste se uglavnom u slabo nosivom tlu niske kohezije, da bi se spriječilo urušavanje materijala tijekom iskopa i odmah nakon iskopa. Korištenje platica uvijek zahtijeva montažu čeličnih lukova.

Materijal

Platice se izrađiju od čelika Č0371 prema HRN C.B0.500 ili S235JR prema EN 10025. Debljina treba biti 4 do 6 mm. Ostale mjere i oblik platnica odabire se u skladu s duljinom iskopa i zahtjevima podgrađivanja iza čela.

Ugradnja

Platnice se pobijaju na razmacima prikazanima na nacrtima. One se pobijaju prije iskopa odnosnog napredovanja na dubinu koja prelazi minimalnu duljinu od 0,8 m iza čela u tlo.

Praznine i šupljine iza platica ispunjavaju se mlaznim betonom ili kontaktnim zalijevanjem odgovarajućim cementnim mortom.

8-03.1.2.7 Sidra

Odredbe koje su ovdje sadržane odnose se na sva štapna sidra postavljena bilo lokalno bilo sustavno u kalotu, bočne zidove i podnožni svod tunela. Štapna sidra dio su primarne podgrade, a cilj im je aktivirati spregnuto djelovanje između okolne stijene i mlaznog betona, pridonoseći nosivosti primarne tunelske podgrade. Štapna sidra koja su povremeno potrebna za podgradu čela tunela tijekom napredovanja rada isto su tako obuhvaćena ovim odredbama.

Štapna sidra postavit će se prema dužinama i rasporedu prikazanim na nacrtima za svaki standardni sustav podgrade za određenu kategoriju stijenske mase ukoliko se ne odredi drukčije dogovorom izvođač - projektant - nadzorni inženjer

Vrste štapnih sidara

Za podgradu tunela koriste se sljedeće vrste sidara:

- SN-sidra
- PG-sidra
- IBO-sidra
- Swellex-sidra.

SN sidra i PG sidra

SN i PG sidra izrađuju se od rebrastih armaturnih šipki. Vrsta čelika treba biti Č0551 prema HRN C.K6.020 ili vrsta B500B prema prEN 10080-1. Jedan kraj šipke ima metrički navoj na koji dolazi sidrena pločica i pripadajuća matica za učvršćenje klase 5 ili 8 prema HRN M.B1.028.

Izvođač treba nadzornom inženjeru dostaviti na odobrenje dokaz nosivosti sklopa šipka s navojem+matica+podložna ploča, kao i za spojnice za nastavljanje (produljivanje) sidra.

Injekciona bušaća sidra s vanjskim navojem (IBO-sidra)

Tijelo IBO-sidra čini čelična cijev s vanjskim oblim navojem koja na jednom kraju ima bušaču krunu, a na drugom odgovarajuću maticu s podložnom pločom. IBO-sidra mogu se nastavljati (produljivati) spojnicama s unutarnjim navojem.

IBO sidra moraju imati deklariranu silu loma sklopa tijelo+matica+podložna ploča (npr. 250 kN). Spojnica mora imati jednaku nosivost kao i navedeni sklop. Sidra se uobičajeno izrađuju od čelika prema HRN C.B0.500 (EN 10025) ili od bešavnih cijevi prema HRN C.B5.021 (prEn 10216-1).

Izvođač treba nadzornom inženjeru dostaviti na odobrenje dokaz nosivosti sklopa tijelo+matica+podložna ploča, kao i za spojnice za nastavljanje (produljivanje) sidra.

Swellex-sidra

Super Swellex sidra za sustavni raspored sidrenja imat će minimalnu nosivost od 200 kN.

Za lokalno sidrenje i sidrenje stijena u fazi izvedbe, mogu se koristiti "standardna" Swellex sidra nosivosti 110 kN.

Čeone pločice sidra bit će takve da omoguće dobro nalijeganje i siguran prijenos sile sidrenja na mlazni beton, čelični luk ili površinu stijene.

Ugradnja

SN-sidra

Oblik podložne ploče treba omogućiti jednoliki dosjed čak ako se sidro i ne postavi sasvim okomito na površinu, a u sklopu s maticom omogućiti siguran prijenos sile sidrenja na sidrenu ploču.

Bušotine za sva štapna sidra bit će izbušene do dubina kako se traži za duljine štapnih sidara navedenih za podgradu odnosne kategorije stijenske mase a promjeri će im biti takvi da omoguće najbolju moguću ugradnju mase za injektiranje, te da omoguće najbolju moguće spajanje i postavljanje. Najmanji promjer bušotina bit će 10 mm veći od promjera štapnih sidara.

Bušotine će se očistiti od svih ostataka bušenja, mulja i otpadaka. Ugradnja štapnog sidra slijedi u roku od 3 sata nakon bušenja i pripreme bušotine.

Prije postavljanja štapnog sidra, cjela bušotina ispunit će se cementnim mortom tako što će se cijev za injektiranje postaviti u punu dubinu bušotine i povlačiti kako se masa bude utiskivala. Sapnica će ostati uronjena u masu za zalijevanje dok se cijev povlači tako da zrak izlazi dok se bušotina puni. Zatim se sidro ugura u bušotinu.

Matica zalivenih štapnih sidara priteže se najkasnije dva napredovanja iza čela ili 12 sati nakon postavljanja. Pritezanje matice radi se s umjerenim (baždarenim) priteznim ključem (moment ključ). Moment pritezanja treba odrediti ovisno o promjeru navoja matice tako, da se unese vlačna sila od 20 kN.

U slučaju zatvorenog radnog prostora i/ili velike duljine štapnih sidara dopušta se spajanje. Broj spojeva treba biti što manji. Nosivost ovako spojenih štapnih sidara neće biti manja od štapnog sidra od jednog dijela.

PG-sidra

Vrijede sve odredbe prethodno navedene osim što se zalijevanje može obaviti nakon postavljanja sidra. U tom se slučaju bušotina zalijeva posebnim uređajem koji omogućuje da se otvor bušotine zatvara dok se pumpa masa za zalivanje. Zrak iz bušotine izlazi putem cijevi koja je pričvršćena u punoj dužini sidra. Zatim se masa za zalivanje pumpa, a smatra se da je bušotina puna kad masa izlazi iz kraja cijevi.

IBO-sidra

IBO-sidra koriste se u uvjetima tla gdje je nemoguće učinkovito postavljanje drugih vrsta štapnih sidara. IBO-sidra postavljaju se bušenjem šipke u tlo bez njenog povlačenja. Smjesu za zalijevanje, pritisak pri zalijevanju i količinu određuje izvođač prema uvjetima tla na koje naiđe i u skladu s uputama proizvođača sidra. Postupak ugradnje odobrava nadzorni inženjer.

Štapna sidra Swellex

Bušotine za štapna sidra izvode se do tražene dubine. Bušotine se očiste od svih ostataka bušenja, mulja i otpadaka. Štapna sidra postavljaju se najkasnije dva sata nakon izvođenja bušotine.

Postavljanje i napuhavanje sidara izvodi se prema proizvođačevim preporukama. Za napuhavanje sidara koristiti opremu koju preporuči proizvođač sidara.
Štapna sidra se nakon napuhavanja dreniraju.

Ispitivanje sidara

Mort za zalijevanje

Prije testova prihvaćanja štapnih sidara, potrebno je provesti testove sa raspoloživim cementom i pijeskom kako bi se odredio odgovarajući proračun smjese kojom se postiže specificirana čvrstoća i odgovarajuća ugradljivost zajedno sa korištenom opremom za zalijevanje. Mogu se dodavati aditivi za poboljšanje ugradljivosti. Utjecaj aditiva na razvoj čvrstoće prati se ispitivanjem kako je opisano. Mort za zalijevanje ispituje se na kockama 5x5x5 cm. Kocke se njeguju u vodi. Za svako ispitivanje tlačne čvrstoće pripremit će se pet kocaka. Rezultanta čvrstoće je prosjek dobiven iz triju preostalih vrijednosti nakon eliminacije najviše i najniže vrijednosti. Tijekom izvedbe, uzorak u obliku kocke uzima se svakog tjedna iz crijeva za zalijevanje, na sapnici, prilikom svih pet pobijanja sidara. Kod pripreme i procjene potrebno je pridržavati se gore opisanog postupka.

Potrebna tlačna čvrstoća morta za zalijevanje

nakon 24 sata	8 N/mm^2
nakon 28 dana	20 N/mm^2
v/c = 0,25 –0,30	čisti cement
v/c = 0,50 –0,60	smjesa cement-pijesak (0-5mm)

Ispitivanje izvlačenja štapnih sidara

Ispitivanje izvlačenja obavljaju se na temelju ISRM Doc 2, Dio 1 "Preporučena metoda za ispitivanje štapnih sidara"

a) Dokazivanje uporabljivosti

Detaljan program ispitivanja izrađen na temelju gore navedenog dokumenta odobrava nadzorni inženjer prije ispitivanja.

Odstupanja od preporučene ISRM metode odobrava nadzorni inženjer.

Izvještaj o ispitivanju izdaje se odmah nakon završetka ispitivanja i podnosi se na odobrenje nadzornom inženjeru.

Podaci za svaki tip štapnog sidra sadržavat će sljedeće:

- vrstu sidra, opremu za testiranje, podatke o mjestu postavljanja opterećenja primijenjena pri ispitivanju i zabilježene deformacije procjena rezultata ispitivanja kako je navedeno u dokumentu ISRM,
- tumačenje i radnja koja se preporuča u slučaju neuspješnih testova izvlačenja.

Dokazivanje uporabljivosti provodit će se za sve tipove sidara koja su nevedena u projektu prije početka podzemnog iskopa.

Ispitivanja će se obavljati u geološkim uvjetima tla sličnim onima koji se očekuju tijekom probijanja tunela. Mjesto ispitivanja sidara odabire nadzorni inženjer.

Ispituje se najmanje pet sidara svakog tipa. Ovisno o ispitnom postupku i rezultatima ispitivanja nadzorni inženjer može zahtijevati da se ispitaju dodatna sidra.

Potrebno je osigurati odgovarajuću opremu za ispitivanje kako je navedeno u gore spomenutom ISRM dokumentu da se mjeri istezanje, pomak sidara i sile zatezanja.

Maksimalno opterećenje koje se primjenjuje iznosi 250 KN ili drukčije, ako se tako odobri.

b) Ispitivanja za vrijeme probijanja tunela

Nadzorni inženjer će odabrati štapna sidra za ispitivanje proizvedenih sidara. Za svaki tip sidra odabrat će se po pet komada iz prvih 100 sidara postavljenih u tunel. Od preostalih sidara za ispitivanje se odabire pet od svakih 200 komada. Sila kojom se ispituje sidro bit će najmanje 80% deklarirane nosivosti sidra.

Sidra koja na ispitivanjima podbace ili koja se izvlače biti će zamijenjena. Za svaki propust nadzorni inženjer tražit će da se ispitaju dodatna sidra u blizini. Sve ostalo kao u prethodnom dijelu.

Evidentiranje ugradnje sidara

Za svako napredovanje izvođač će voditi, a nadzorni inženjer odobravati evidenciju o pojedinostima ugradnje štapnih sidara koja će sadržavati podatke kao što je: sastav mase za zalijevanje, dubina bušenja, duljina i tip štapnih sidara, odstupanja od teorijskog položaja, način i vrijeme zalijevanja, vrijeme pričvršćenja, posebne primjedbe, itd.

Evidenciji ugradnje treba priložiti zapise s rezultatima ispitivanja sidara.

8-03.1.2.8 Cijevni krov - pipe roof

Cijevni krov (kišobran) sastoji se od čeličnih cijevi koje se ugrađuju u zoni svoda tunela. Primjenjuje se kod materijala kod kojih ne postoji inicijalna stabilnost podzemnog otvora pri iskopu (tla i vrlo slaba stijenska masa) u svrhu omogućavanja iskopa gornje polovine tunela čime se izbjegava potreba razrade otvora u navedenoj zoni.

Materijal

Perforirane bešavne čelične cijevi vanjskog promjera 114,3 mm (4”) debljine stijenke najmanje 5 mm. Vrsta čelika treba biti Č1213 prema HRN C.B5.021 ili SPT410 prema prEN 10216-1.

Ugradnja

Cijevni krov ugrađuje se kako je prikazano na nacrtima u projektu ili prema uputama nadzornog inženjera.

Čelične cijevi se ugrađuju istodobno s bušenjem tako da centralna ili ekscentrična kruna tijekom bušenja za sobom povlači cijev u bušotinu.

Čelične cijevi postavljaju se s čela probijanja prema neiskopanom tlu. U nestabilnim bušotinama čelične cijevi mogu se koristiti kao oplata za bušenje. Razmak između čeličnih cijevi u tjemenu profila iskopa mora biti u skladu s udaljenošću navedenoj na nacrtima, ali mora biti prilagođen geološkim uvjetima koji vladaju na čelu tunela.

Nakon bušenja čelične cijevi se čiste komprimiranim zrakom prije injektiranja. Injektiranja se izvodi pod niskim tlakom.

8-03.1.2.9 Mikro piloti

Mikro piloti postavljaju se u podlogu gornje štolne u područjima plitkog sloja i ispod kuća. Mikro-piloti prenose opterećenje sa obloge mlaznog betona na okolnu stijensku masu i na taj način smanjuju slijeganja obloge od mlaznog betona u gornjoj štolni, smanjuju rizik smicanja između obloge gornje štolne i obloge privremenog podnožnog svoda i povećavaju sigurnost bočnih zidova tijekom iskopa bench-a.

Materijal

Mikro pilot sastoji se od bešavne čelične cijevi s vanjskim oblim navojem promjera do 60 mm, debljina stijenke je najmanje 6 mm. Čelična cijev potpuno se zaljeva mortom (injektira). Promjer bušotine za pilot treba odgovarati vanjskom promjeru pilota.

Vrsta čelika cijevi treba propisati u projektu, a u skladu s normom HRN C.B5.021 ili prEN 10216-1. Za mikro pilote mogu se koristiti IBO-sidra.

Ugradnja

Čelične cijevi postavljaju se u prethodno bušene rupe ili se koriste samobušeća sidra (na primjer IBO). Valovite čelične ili PVC cijevi unutrašnjeg promjera najmanje 120 mm postavljaju se u oblogu od mlaznog betona da se olakša bušenje.

Prije postavljanja potrebno je provesti ispitivanja radi dokazivanja da su čelični piloti u potpunosti obloženi mortom. Broj ispitnih pilota i postupak ispitivanja predlaže izvođač, a odobrava nadzorni inženjer.

8-03.2 INJEKCIONI RADOVI

Izvedbu injekcionih radova u tunelu treba provoditi prema projektu ili elaboratu za svaki pojedini slučaj, koji prethodno treba odobriti nadzorni inženjer.

Prije početka injektiranja izvođač treba s nadzornim inženjerom utvrditi sve tražene pojedinosti za izvedbu ovih radova, što se posebno odnosi na:

- sastav injekcione smjese,
- tlakove injektiranja,
- raspored, smjer i dubinu bušotine,
- vremenski tok injekcionih radova,
- vrstu i kapacitet odabranih strojeva.

Radove na injektiranju dužan je izvođač izvesti sa stručnim i iskusnim kadrom za ovu vrstu radova, uz primjenu suvremene mehanizacije.

Tlak za injektiranje treba odabrati tako da ne nastanu štete na betonskoj oblozi tunela ili, vezano za visinu nadsloja stijene, štetno razlabavljenje stijene i gubitak injekcione mase.

Za injektiranje treba primijeniti injekcione uređaje koji mogu postići propisani tlak.

Injekcioni uređaji moraju biti opskrbljeni baždarenim uređajem za pisanje tlakova i količina utrošene mase.

Za radove na bušenju i injektiranju izvođač mora voditi uredno dnevnik koji sadržava sve potrebne podatke za kontrolu i obračun radova. (Opis rada i strojeva, položaj bušotina u prostoru, vremenski tok injektiranja, količinu utrošene mase po bušotini, opis naročitih događaja itd.).

Radovi na injektiranju tunela obuhvaćaju:

a) Kontaktno injektiranje šupljina preostalih iza postavljenih čeličnih platica ili zabijene oplate i zapunjavanja eventualno ostalih šupljina između stijene i betonske obloge u cilju postizanja potpunog kontakta stijene i betona,
b) Konsolidaciono injektiranje za stabiliziranje stijene oko iskopanog otvora i povećanja njenih mehaničkih svojstava.

Kontaktno injektiranje

Kontaktno injektiranje eventualnih šupljina između stijene i obloge provodi se samo u kalotnom dijelu svoda betonske obloge, gdje postoji najveća vjerojatnost da je kontakt stijene i betona loše izveden. Prije izvođenja kontaktnog injektiranja u kalotnom dijelu svoda treba probnim bušenjem utvrditi da li postoje šupljine.

Sve troškove za kontaktno injektiranje u kalotnom dijelu betonske obloge snosi izvođač i mora ih unijeti u ponuđenu cijenu za betonsku oblogu, jer ovi radovi predstavljaju sastavni dio unutrašnje betonske obloge koja je u cijelosti priznata izvođaču.

Radovi na kontaktnom injektiranju koji se odnose na zapunjavanje šupljina iza vanjske primarne nosive obloge (platica, remenata, zabijene oplate itd.) priznaju se i obračunavaju izvođaču po utvrđenim cijenama iz ponudbenog troškovnika. Ove radove također treba izvesti odmah po izvedbi vanjske nosive obloge kako ne bi došlo do olabavljenja stijenske mase oko otvora uslijed ostavljenih šupljina iza obloge.

Obračun se vrši prema dužini bušenja i težinskom utrošku injekcione mase o čemu se svakodnevno vodi dnevnik rada.

Izvođaču se neće priznati radovi izvedeni na injektiranju koji su uzrokovani nekvalitetnim radom na iskopu stijene ili betoniranju unutrašnje betonske obloge. (na pr. injektiranje unutrašnje betonske obloge uzrokovane lošom kakvoćom izvedenog betona, injektiranje u cilju poboljšanja mehaničkih svojstava stijene koja je narušena pretjeranom rastresitošću uslijed loše izvedenog miniranja ili iskopa).

U ovim slučajevima sanaciju injektiranjem je dužan izvesti izvođač po odredbi nadzornog inženjera o svom trošku.

Na potezima tunela gdje je izvedena hidroizolacija tunelske primarne obloge od mlaznog betona potrebno je radove injektiranja izvesti tako da se bušenjem injekcionih rupa kroz sekundarnu betonsku oblogu ne bi oštetila hidroizolacija

Sastav mase za injektiranje predviđen je u osnovi kao cementna suspenzija ili cementni mort. Ispitivanje i kontrola cementne mase vrši se prema propisima za ispitivanje betona.

Konsolidaciono injektiranje

Poteze i mjesta u tunelu koja će se konsolidaciono injektirati određuje nadzorni organ. Raspored bušotina njihovu dubinu, smjer bušotina, sastav injekcione smjese i tlak injektiranja određen je projektom ili elaboratom izrađenim na bazi probne dionice.

Sastav smjese za konsolidaciono injektiranje određuje se elaboratom za injekcione radove na bazi geomehaničkih osobina stijenske mase i može biti: cementna suspenzija, cementni mort, ili smjesa na bazi glinene suspenzije sa ili bez dodataka u kombinaciji sa cementom. Smjese za injektiranje moraju biti ispitane i tokom rada kontrolirane.

Injektiranje treba tako izvoditi da se po opsegu svoda vanjske obloge dobiju po mogućnosti isti pritisci.

Kontrola uspješnog izvođenja konsolidacijskog injektiranja vrši se pomoću kontrolnih bušotina sa tlačnom probom pri čemu se utvrđuje postignuta vodonepropusnost injektirane stijene.

Izvođaču se neće priznati izvedeni radovi na konsolidacionom injektiranju stijene čije razlabavljenje je sam prouzrokovao nepridržavajući se uvjetovanih propisa izvedbe iskopa i osiguranja (loše izvedeno miniranje, nepropisno podgrađivanje iskopa, i.t.d.

Troškove za postavu, premještanje i raspremu svih potrebnih uređaja i skela, uredno zatvaranje svih injekcionih rupa po cijeloj dužini cementnim mortom, čišćenje betonske obloge od cementne suspenzije iz bušotina, čišćenje otpadnog materijala i injekcione mase u tunelu, sve smetnje i prekide uzrokovane paralelnim radovima, izvođač mora unijeti u jediničnu cijenu bušenja i injektiranja jer mu se neće posebno priznati ni obračunati.

Obračun se vrši prema stavkama ugovorenog troškovnika za sve radove po m bušenja i kg utrošene injekcione mase na bazi uredno vođenog dnevnika kojeg dnevno potpisuje nadzorni organ.

8-03.3 OBRAČUN RADOVA I PLAĆANJE

Mlazni beton

Obloga od mlaznog betona koja se postavlja u tunelima, na parkirnim mjestima, poprečnim prijelazima i nišama obračunava se za svaku nominalnu debljinu u kvadratnim metrima uzduž P-linije (kako je prikazano na slikama 8-02-6, 8-02-7 i 8-02-8. Dužina se mjeri uzduž osi.

Dodatni mlazni beton potreban za ispunjavanje šupljina između cijevi pipe-roof-a neće se mjeriti za obračun, te je uključen u odgovarajuću jediničnu cijenu. Dodatni mlazni beton potreban radi proširenja poprečnog presjeka ispod cijevnog krova neće se mjeriti za obračun. On je uključen u odgovarajućoj jediničnoj cijeni.

Armatura

Armaturna mreža koje se postavlja u tunelima, parkirnim mjestima, poprečnim prijelazima i nišama obračunava se po težini uzduž P-linije kako je prikazano na slikama 8-02-6, 8-02-7 i 8-02-8. Dužina se mjeri uzduž osi. Preklopi, otpadni materijal, dodatni i pomoćni materijal za učvršćenje neće se posebno obračunavati.

Dodatna armatura potrebna radi proširenja profila ispod pipe-roof-a ne mjeri se za obračun a bit će obuhvaćena odgovarajućom jediničnom cijenom.

Armatura koja se koristi za podgradu tunela obračunavat će se po težini.

Čelični lukovi

Čelični lukovi za podgradu stijene obračunavaju se po metru uzduž P-linije (kako je prikazano na slikama 8-02-6, 8-02-7 i 8-02-8. Pomoćni materijal, čelični limovi na spojevima, vijci za spajanje itd. ne obračunavaju se za plaćanje, već su sadržani u jediničnoj cijeni.

Piloti

Cijevi ili koplja obračunavaju se po komadima za razne dužine. Bušenje i injektiranje ne obračunava se posebno.

Čelične platice

Čelične platice obračunavaju se po težini.

Štapna sidra

Štapna sidra obračunavaju se po komadu za razne tipove i dužine. Bušenje, injektiranje i napuhavanje (Swellex) ne obračunava se posebno. Pomoćni materijal, kao što su sidrene pločice, podložne pločice, matice, spojevi, ne obračunavaju se za plaćanje, već su sadržane u jediničnoj cijeni.

Injekcioni radovi

Obračun i plaćanje injekcionih radova vrši se prema stavkama ugovorenog troškovnika po m bušenja i po količini utrošene injekcione mase na bazi uredno vođenog dnevnika, kojeg dnevno potpisuje nadzorno inženjer.

Jedinične cijene za razne stavke plaćanja obuhvaćaju sav rad, opremu i materijal potrebne za izvedbu i završtak radova, uključujući i ispitivanje i kontrolu kakvoće. Podgradni elementi potrebni za osiguranje čela iskopa ne plaćaju se posebno, već će biti sadržani u jediničnoj cijeni svakog pojedinog elementa podgrade.

8-03.4 NORME I TEHNIČKI PROPISI

ENV 1991	Osnova za projekt i postupke na objektima,
ENV 1992	Projekt betonskih konstrukcija,
ENV 1997	Geotehnički projekt,
EN 12336	Strojevi za probijanje tunela – strojevi za izradu metodom štita, strojevi za bušenje potiskivanjem, oprema za postavljanje obloge – Sigurnosni uvjeti
EN 815	Sigurnost kod strojeva za bušenje metodom bez štita i strojevi za bušenje za stijene
EN 12110	Strojevi za izgradnju tunela – Pretkomore – Sigurnosni uvjeti
EN 12111	Strojevi za izgradnju tunela – rovokopači, mineri s neprekidnim djelovanjem i udarni riperi – Sigurnosni uvjeti.
EN 60204	Električne instalacije
EN ISO/12236	Geoteksitl i proizvodi slični geotekstilu – test statičkog bušenja.
EN ISO/16727	Plastična bituminizirana tkanina i vodotporni sloj; ispitivanje.

EN ISO/16776	Plastični materijali za klaupe, polietilenski materijali za kalupe (PE); priprema sastojaka i određivanje njihovih svojstava.
EN ISO/53363	Ispitivanje plastične folije; test na deranje na trapezoidnim uzorcima s uzdužnim prorezom.
EN ISO/53370	Ispitivanje plastične folije; određivanje debljine mehaničkim mjerenjem.
EN ISO/53377	Ispitivanje tankih slojeva plastike; određivanje dimenzionalne stabilnosti
EN ISO/53387	Umjetno trošenje i starenje plastike i elastomera izlaganjem zračenju ksenonskog luka
EN ISO/53455	Ispitivanje plastike, test na čvrstoću
EN ISO/53457	Ispitivanje plastike; određivanje modula elastičnosti pomoću ispitivanja na čvrstoću, kompresiju i savijanje
EN ISO/53479	Ispitivanje plastike i elastomera ; određivanje gustoće
EN ISO/53488	Ispitivanje plastične folije, test na rupe
EN ISO/53515	Određivanje čvrstoće na deranje gumenih elastomera i tankih slojeva plastike uz upotrebu Graves kutnog uređaja za ispitivanje (Graves angle test piece with nick)
EN ISO/53521	Određivanje ponašanja gume i elastomera usljed izloženosti tekućinama i parama
EN ISO/53532	Ispitivanje elastomera; utvrđivanje otpornosti elastomernih ploča na tekućine
EN ISO/53739	Ispitivanje plastike, utjecaj gljivica i bakterija, vizualna procijena, promjene u masi i fizičkim svojstvima
EN ISO/53861	Ispitivanje tekstila; test na svođenje i test na pucanje; definicije termina
ASTM 820	Standardna OTU za čelična vlakna za armirani beton
ASTM A569	Čelična ploča za klizne pločice
ASTM D1693	Kemijska otpornost
DIN 4062	Plastični materijali za spajanje dobiveni hladnim postupkom za kanalizacijske cijevi, vezivni materijali za predgotovljene dijelove betona, uvjeti, ispitivanje i obrada.

8-04 ODVODNJA

8-04.0 OPĆENITO

Ovo potpoglavlje sadrži tehničke uvjete za izvođenje:

- zahvata podzemnih procjednih voda, odnosno kaptiranja,
- uzdužne drenaže iza unutarnje betonske obloge i pripadajućih kontrolnih niša,
- glavne kanalizacije i pripadnih revizijskih-kontrolnih okana,
- poprečnih cijevnih spojeva,
- rubnjaka za kontroliranu odvodnju tekućina s kolnika,
- šupljih rubnjaka za prihvaćanje-odvodnju tekućina sa kolnika,
- sifonskog okna za kontrolu i čišćenje, te ispuštanje tekućina s kolnika u glavnu kanalizaciju.

Ako se tijekom izgradnje naiđe na podzemnu vodu koja nije otkrivena prethodnim istražnim radovima ispod izvedene razine uzdužne drenaže, tada će se za rješavanje toga problema izvesti odgovarajući sustav drenaže prema posebnom projektu.

Pri izvođenju ovih radova treba voditi računa da se nepravilnim zatvaranjem dotoka vode, tj. sprečavanjem otjecanja i stvaranjem uspora javlja hidrostatski tlak na vanjsku oblogu, a voda će nepovoljno djelovati na nosivost stijenske mase kod stijena koje pod utjecajem vode mijenjaju svoja fizičko-mehanička svojstva.

8-04.0.1 Dokumentacija

Izvođač će prije bilo kojih od radova na izvedbi odvodnje nadzornom inženjeru dostaviti dokaze o uporabivosti kojim dokazuje da materijali koje namjerava upotrijebiti u izvođenju odgovaraju zahtjevima kakvoće određene projektom i ovim OTU.

8-04.1 ZAHVATI VODE

8-04.1.1 Zahvati manjih dotoka vode s izbijenog otvora

Opis rada

Rad na zahvaćanju vode s površine izbijenog otvora obuhvaća zahvat vode prikladnim zahvatnim elementima na površini izbijenog otvora te odvođenje cijevima ili polucijevima u drenažni sustav uzdužne drenaže iza unutarnje betonske obloge.

Veličine zahvatnih elemenata, cijevi i polucijevi te njihov broj mora biti u skladu s uvjetima iz projekta i odobren od nadzornog inženjera.

Zahvatni elementi, cijevi i polucijevi se priljubljuju i učvršćuju po obodu tunelskog profila, a oblažu se brzovezujućim mortom.

Zahvatne elemente ili cijevi treba izvesti tako da omogučuju mjerenje količina zahvaćenog dotoka vode prije uključivanja u sustav odvodnje. Također je, potrebno izvesti mjerenje količina koje istječu iz sustava odvodnje, te o tome raditi očevidnik.

Materijal

Za izradu zahvatnih elemenata potrebno je odabrati nehrđajuće lagane plastične materijale kao što su polipropilen (PP) i polietilen (PE).

Odvodne cijevi i polucijevi također su od istih materijala (prEN 13476-1), jer svojom fleksibilnošću omogućuju prilagodbu zakrivljenim plohama izbijenog otvora te su pogodne za međusobno spajanje.

Obračun radova

Obračun radova na izvedbi zahvata vode s izbijenih otvora obračunava se po komadu kompletno izvedenog zahvata vode uključivo dobavu i dopremu materijala, izradu i montažu zahvatnih elemenata, dobavu i dopremu cijevi ili polucijevi te montažu, materijal za učvršćivanje zahvatnih elemenata i cijevi, oblogu od brzoveznog cementnog morta i potrebnu skelu.

Eventualni višak radova, koji bi nastao uslijed nepridržavanja zahtjevima iz projekta i ovih OTU ne priznaje se kao višak ili kao dopunski rad.

8-04.1.2 Zahvat velikih dotoka vode s izbijenog otvora

Opis rada

Kod jakih prodora vode često je potrebno izvoditi drenažni sustav kojim se dreniraju vode po cijelom presjeku i odvode u prostor iza betonske obloge.

Drenažne bušotine izbuše se u zadanim presjecima okomito ili koso na os tunela prema dužini kampade predviđene za betoniranje. Dubina, profil i smjer bušotina odredit će se na licu mjesta.

Ove bušotine povezuju se cijevima ili polucijevima u brzoveznom mortu i voda se odvodi u uzdužnu drenažu iza obloge. Radi dostupnosti i kontrole na ovim mjestima potrebno je predvidjeti kontrolno okno.

Materijal

Za izvedbu ovih drenažnih sustava koriste se plastične cijevi od PEHD-a i tvrdog PVC-a koje odgovaraju normi prEN 13476-1 i ovim OTU.

Obračun radova

Obračun radova na izvedbi zahvata vode s izbijenog otvora obračunava se po m^1 kompletno izvedenog zahvata vode uključivo bušenje drenažnih bušotina, dobavu i dopremu cijevi ili polucijevi te ugradnju, materijal za učvršćivanje cijevi i oblogu od brzoveznog cementnog morta.

Eventualni višak radova, koji bi nastao uslijed nepridržavanja zahtjevima iz projekta i ovih OTU ne priznaje se kao višak ili kao dopunski rad.

8-04.1.3 Zahvat vode drenažnim bušotinama

Opis rada

Drenažne bušotine izvode se provjerenim tehnikama bušenja. Ako bušotina prolazi kroz materijal gdje nije moguće postići stabilnost stijenki bušotine potrebno je bušiti uz upotrebu zaštitnih cijevi (kolona).

Po izvođenju bušotine u materijalima s nestabilnim stijenkama treba ugraditi filtarske (perforirane) cijevi. One mogu biti plastične (PEHD ili tvrdi PVC) ili čelične s trakastim ili rupičastim otvorima. Preporuča se da se koriste filtarske cijevi s trakastim otvorima. Širina traka ili rupičastih otvora ovisit će o zrnatosti materijala u kojem će se izvesti bušotina.

Dimenzije svijetlog otvora filtra predviđene su projektom i odobrene po nadzornom inženjeru.

Moguće je koristiti i perforirane zaštitne cijevi (kolone) koje se ostavljaju u bušotini i služe kao filtri.

Presjek bušotine s ili bez zaštitnih kolona ovisit će o presjeku (promjeru) filtarskih cijevi koje se planiraju ugraditi. Izvedena bušotina mora omogučiti sigurnu ugradnju filtarskih cijevi.

Ušće bušotine treba izvesti od pune cijevi i upustiti je barem do dubine 1,0 metar od kučišta kojim se stabilizira cijev na izlazu iz bušotine.

Nakon ugradnje potrebno je prije uključivanja u sustav odvodnje izmjeriti količine vode koja istječe o čemu se radi očevidnik koji se daje na uvid nadzornom inženjeru. Ukoliko voda iznosi sitnozrni materijal potrebno je izvesti čišćenje drenažne bušotine ispiranjem ili ispuhivanje zrakom do trenutka kada u litri vode koja istječe nije više od 2 % volumskog dijela sitnozrnog materijala.

Pri bušenju drenažnih bušotina u kompaktnom stjenovitom materijalu na dnu se može izvesti "torpediranje" eksplozivom u cilju boljeg sakupljanja vode (povezivanja pukotina u slabo propusnim slojevima) i mogu se zacijeviti pomoću perforiranih cijevi. Ovako izvedene drenažne bušotine povezuju se zajedničkom odvodnom cijevi koja se najkraćim putem uvodi u uzdužnu drenažu iza unutarnje obloge. Mjesto, broj, dubina, smjer i veličina presjeka ovih bušotina određuje se prema posebnom projektu te ih odobrava na licu mjesta nadzorni inženjer.

Materijal

Za izvedbu ovih drenažnih sustava koriste se plastične cijevi od PEHD-a i tvrdog PVC-a koje odgovaraju normi prEN 13476-1 i ovim OTU.
Za izvedbu zaštitnih kolona koriste se bešavne čelične cijevi, a za filtarske cijevi koriste se nehrđajuće čelične cijevi.

Obračun radova

Obračun radova na izvedbi zahvata vode s izbijenog profila obračunava se po m kompletno izvedenog zahvata vode uključivo bušenje drenažnih bušotina, dobavu i dopremu cijevi ili polucijevi te ugradnju, materijal za učvršćivanje cijevi i oblogu od brzoveznog cementnog morta.
Eventualni višak radova, koji bi nastao uslijed nepridržavanja zahtjevima iz projekta i ovih OTU ne priznaje se kao višak ili kao dopunski rad.

8-04.2 DRENAŽA

Na potezima tunela u vododrživom tlu, gdje postoji mogućnost od stvaranja hidrostatskog tlaka izvodi se uzdužna drenaža. Uzdužna drenaža izvode se od perforirane cijevi zadanog promjera u filtarskom sloju. Filtarski sloj mora biti povezan sa stijenom iskopa po cijeloj dužini cijevi, kako bi bio omogućen dotok vode u drenažnu cijev.

Drenažne cijevi postavljaju se u pravcu i nagibu kako je određeno projektom, a polažu se na podlogu od betona.

Uzdužne drenažne cijevi za podzemnu vodu prekrivaju se i zaštićuju filtarskim slojem. Filtarski sloj se izvodi od drenažnog betona ili filtarskog šljunka ili pijeska, a treba zadovoljiti filtarsko pravilo u odnosu na materijal u kojem se izvodi drenaža, tj. treba odgovarati uvjetima iz projekta i HRN U. S4.062.
Kad je potrebno dreniranje tamponskog sloja ono se izvodi u skladu s projektom i DIN 4262-1 i DIN 4095.

Revizione niše postavljaju se u završnu betonsku oblogu za stalno održavanje uzdužne drenaže, dimenzijama i razmakom kako je prikazano projektom.

Materijal

Perforirane drenažne cijevi biti će u skladu sa normama navedenim u ovim OTU. Cijevi su od PEHD-a ili tvrdog PVC-a (prEN 13476-1) nazivnog promjera najmanje DN 150.

Filtarski sloj izvodi se od šljunka ili pijeska, a veličina zrna mora zadovoljiti filtarsko pravilo, tj. HRN U. S4. 062.

Drenažni beton se izrađuje od običnog Portland cementa i prirodnog agregata jedne veličine zrna. Omjer agregata i cementa bit će 8:1 po volumenu ili 10:1 po masi. Količina vode koja se koristi neće biti veća od one koja je potrebna za prekrivanje svih dijelova agregata, a da se pritom ne formira višak mase. Porozni drenažni beton zbija se samo ručno.

Obračun radova

Obračun radova na izvedbi uzdužne drenaže obračunava se po m kompletno izvedene drenaže uključivo dobavu i dopremu perforiranih cijevi i oblikovnih komada te ugradnju podložnog betona, filtarskog zasipa ili drenažnog betona.

Eventualni višak radova, koji bi nastao uslijed nepridržavanja zahtjevima iz projekta i ovih OTU ne priznaje se kao višak ili kao dopunski rad.

8-04.3 GLAVNA KANALIZACIJA

Glavna kanalizacija je položen kanalizacijski cjevovod putem kojeg se odvode vode zahvaćene drenažom, i tekućine s kolnika (zauljene vode) do separatora izvan tunelskih cijevi. Na glavnoj kanalizaciji izvode se kontrolna okna na pravilnim razmacima, tj. na mjestima bočnih priključaka drenaže ili priključka odvodnje kolnika.

8-04.3.1 Kanalizacijska cijev

Opis rada

Kanalizacijske cijevi polažu se u iskopani rov na posteljicu od betona i iznad cijevi se izvodi zaštitna obloga od betona. Debljina posteljice i zaštitne obloge izvodi se min. ¼ veličine profila cijevi ili kako je određeno projektom i ovim OTU.

Način i tehnologija iskopa rova za kanalizaciju podliježe odobrenju nadzornog inženjera. Izvođač će dokazati da način i tehnologija iskopa rova neće imati negativnih utjecaja na već izvedene radove.

Cijevi se postavljaju u pravcu i nagibu kako je prikazano u projektu. Pogreške u niveleti kod polaganja cijevi moraju biti u granicama od ± 1,0 cm.

Glavna odvodna kanalizacijska cijev se polaže tek nakon završenih iskopa i čišćenja dna tunela kako bi se izbjeglo njeno zamuljivanje. Odstupanje od ovog zahtjeva je dozvoljeno u opravdanim slučajevima uz odobrenje nadzornog inženjera.

Glavni kanalizacijski cjevovod mora se izvesti nepropusno. Kontrolu nepropusnosti glavnog kanalizacijskog cjevovoda treba izvesti u skladu s EN 1610.

Radovi na izvedbi glavne kanalizacijske cijevi trebaju biti u skladu s uvjetima iz projekta, EN 1610 i ovim OTU.

Materijal

Glavna kanalizacija izvodi se od:

- fleksibilnih cijevi: rebrastih PEHD cijevi spajanih zavarivanjem ili spojnicama s gumenim brtvama (prEN 13476-1), cijevi od tvrdog PVC-a spajanih na kolčak s gumenom brtvom (ONORM B5184; DIN 19534; HRN U.G1 500), cijevi od poliestera spajanih patent spojnicama (DIN 16 689-1 i 2; DIN 19 565-1 i 5).
- krutih cijevi: betonskih cijevi s integriranom gumenom brtvom pojedinačne dužine L=2,5 m (DIN 4034), azbestcementnih cijevi s patent spojnicama s dvije gumene brtve (HRN B.C4.061; HRN B.C4.061/1) i lijevano željeznih cijevi spajanih na kolčak s gumenom brtvom (EN 598).

Obračun radova

Radovi na izvedbi glavne kanalizacije obračunavaju se po m izvedene glavne kanalizacione cijevi uključivo iskop rova, dobavu i dopremu cijevi i pripadnih spojnica te ugradnju, podložni beton, zaštitnu oblogu od betona, dodatno zatrpavanje i odvoz viška materijala od iskopa na odlagalište udaljeno 1,5 km od portala tunela. U cijenu je uključeno ispitivanje vodonepropusnosti u skladu s EN 1610.

Eventualni višak radova, koji bi nastao uslijed nepridržavanja zahtjevima iz projekta i ovih OTU ne priznaje se kao višak ili kao dopunski rad.

8-04.3.2 Kontrolna okna

Opis rada

Kontrolna okna izvode se kao monolitne betonske građevine ili kao montažni elementi (tipski elementi) na razmaku kako je određeno projektom i moraju biti vodonepropusna.

Tipska montažna kontrolna okna trebaju odgovarati izabranom cijevnom materijalu (PEHD, PVC, beton, azbestcement, poliester).

Ulazni otvori moraju se pokriti lijevano željeznim poklopcima nosivosti 40 Mp svijetlog otvora ∅ 664 mm (HRN M.J6.227).

Materijal

Monolitna betonska kontrolna okna izvode se od betona (C25/30) i armiraju u skladu sa statičkim proračunom iz projekta. Izvedba i materijali moraju biti u skladu s ovim OTU.

Isto vrijedi za montažna betonska kontrolna okna, a za montažna okna od drugih materijala (PEHD, PVC, azbestcement, poliester) vrijede norme za odnosne materijale iz ovih OTU.

Obračun radova

Radovi na izvedbi kontrolnih okana obračunavaju se po komadu kompletno izvedenog kontrolnog okna uključivo proširenje iskopa rova, dobavu i dopremu materijala, izradu betona i betoniranje, potrebnu oplatu, armaturu, izradu kinete, poklopac i penjalice, zatrpavanje i odvoz viška materijala od iskopa na odlagalište udaljeno 1,5 km od portala tunela.

Za montažna kontrolna okna potrebno je uključiti i transport do gradilišta. U cijenu je uključeno ispitivanje vodonepropusnosti u skladu s EN 1610.

Eventualni višak radova, koji bi nastao uslijed nepridržavanja zahtjevima iz projekta i ovih OTU ne priznaje se kao višak ili kao dopunski rad.

8-04.3.3 Poprečni cijevni priključci

Opis rada

Poprečni cijevni priključci na glavnu kanalizaciju su spojevi uzdužne drenaže na glavnu kanalizaciju. Na mjestu spoja na glavnoj kanalizaciji se izvodi kontrolno okno. Cijevi se polažu u iskopani rov na posteljicu od betona, te se oblažu betonom debljine min. ¼ veličine profila cijevi, ukoliko projektom nije drugaćije određeno.

Materijal

Poprečni cijevni priključci se izvode od PEHD cijevi ili PVC-U cijevi (prEN 13476-1) ili azbestcementnih cijevi (HRN B.C4.061; HRN B.C4.061/1), tj. prema projektu.

Obračun radova

Radovi na izvedbi poprečnih spojeva uzdužne drenaže na glavnu kanalizaciju obračunavaju se po m^1 izvedenog spoja, uključivo iskop rova, dobavu i dopremu cijevi te ugradnju na podlogu od betona, izvedbu zaštitne obloge od betona, dodatno zatrpavanje i odvoz viška materijala na odlagalište udaljeno do 1,5 km od portala tunela. U cijenu je uključeno ispitivanje vodonepropusnosti u skladu s EN 1610.

Eventualni višak radova, koji bi nastao uslijed nepridržavanja zahtjevima iz projekta i ovih OTU ne priznaje se kao višak ili kao dopunski rad.

8-04.4 ŠUPLJI RUBNJACI

Opis rada

Montažni šuplji rubnjaci polažu se na izravnavajući sloj cementnog morta debljine 20-30 mm u projektiranom pravcu i padu. Spojevi elemenata se brtve trajnoelastičnim kitom ili drugom brtvenom masom koja mora biti odobrena po nadzornom inženjeru.

Izvođač će prije početka radova nadzornom inženjeru podnijeti dokumentaciju kojom dokazuje da montažni element zadovoljavaju uvjete kakvoće iz projekta u pogledu nosivosti, kapaciteta odvodnje i ostalog navedenog u projektu i ovim OTU.

Šuplji rubnjaci izrađuju se u pogonima za proizvodnju montažnih elemenata koji moraju zadovoljiti norme i uvjete iz ovih OTU.

Materijal

Šuplji rubnjaci se izvode u skladu s poglavljem 7, knjige IV ovih OTU, te pri ugradnji moraju zadovoljiti kriterije navedene u geodetskoj kontroli.

Obračun radova

Radovi na izvedbi montažnih šupljih rubnjaka obračunavaju se po m kompletno izvedenog rubnjaka uključivo nabavu, dopremu, ugradnju i izvedbu spojeva.

U cijenu je uključeno ispitivanje vodonepropusnosti u skladu s EN 1610.

Eventualni višak radova, koji bi nastao uslijed nepridržavanja zahtjevima iz projekta i ovih OTU ne priznaje se kao višak ili kao dopunski rad.

8-04.5 RUBNJACI

Opis rada

Radovi se izvode i obračunavaju prema odredbama iz potpoglavlja 3-04.7, knjige II ovih OTU.

8-04.6 OKNA ZA ODRŽAVANJE I SIFONSKA OKNA

Opis rada

Sifonska okna za prekid zračnog kontakta odvodnje kolnika s glavnom kanalizacijom i za kontrolu, čišćenje te priključenje odvodnje kolnika na glavnu kanalizaciju su montažni betonski elementi koji se ugrađuju na pravilnim razmacima u sklopu šupljih vodolovnih rubnjaka.

Sifonska okna moraju biti vodonepropusna, a kontrola se obavlja prema EN 1610.

Materijal

Betonski radovi za sifonska okna izvode se u skladu s poglavljem 7, knjige IV ovih OTU, i pri ugradnji moraju zadovoljiti kriterije navedene u geodetskoj kontroli. Sifonska okna moraju biti vodonepropusna, a kontrola se obavlja prema EN 1610.

Obračun radova

Radovi na izvedbi sifonskih okana obračunavaju se po komadu kompletno izvedenog sifonskog okna uključivo potrebni iskopi, dobavu i dopremu betonskog elementa, potrebnu oplatu, armaturu, odvoz viška materijala od iskopa na odlagalište udaljeno 1,5 km od portala tunela. U cijenu je uključeno ispitivanje vodonepropusnosti u skladu s EN 1610.

Eventualni višak radova, koji bi nastao uslijed nepridržavanja zahtjevima iz projekta i ovih OTU ne priznaje se kao višak ili kao dopunski rad.

8-04.7 NORME I TEHNIČKI UVJETI

EN 1610 1997.	Construction and testing of drains and sewers (Polaganje i ispitivanje kanalizacijskih cjevovoda i kanala).
DIN 4262-1	Sicker- und Mehrzweckrohre aus PVC-U und PE-HD für Verkehrswege- und Tiefbau; Anforderungen und Prüfung.
DIN 4095	Baugrund; Dranung zum Schutz baulicher Anlagen; Planung, Bemessung und Ausfuhrung.
prEN 13476-1	Thermoplastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewarage – Structured-wall piping systems of unplacticized poly (vinyl cloride) (PVC-U), polypropylene (PP), polyethylene (PE) – part 1: Specification for pipes, fitings and the system.
HRN U.G1.500 1964	Cijevi i fazonski komadi od tvrdoga polivinilnoga klorida za kanalizaciju. Tehnički propisi za primjenu.
DIN 16 689 Teil 1	Rohre aus glasfaserverstarktem Polyesterharz (UP-GF) geschleudert, gefüllt; Maβe
DIN 16 689 Teil 2	Rohre aus glasfaserverstarktem Polyesterharz (UP-GF) geschleudert, gefüllt; Allgemaine Guteanforderungen, Prüfung
DIN 19 565 Teil 1	Rohre und Formstucke aus glasfaserverstarktem Polyesterharz (UP-GF) für erdverlegte Abwasserkanale und – leitungen, geschleudert, gefullt; Maβe. Technische Lieferbedingungen
DIN 19 565 Teil 5	Rohre, Formstucke und Schachte aus glasfaserverstarktem Polyesterharz (UP-GF) für erdverlegte Abwasserkanale und – leitungen, geschleudert, gefüllt; Maβe. Technische Lieferbedingungen
HRN U.N1.051 1982	Betonske cijevi za kanalizaciju duljine veće od 1m. Vibracijski prešane. Tehnički uvjeti.
HRN U.N1.052 1982	Betonske cijevi za kanalizaciju duljine veće od 1 m. Centrifugirane. Tehnički uvjeti.
HRN B.C4.061 1983	Azbestcementni proizvodi. Cijevi, spojnice i dopunski dijelovi za kanalizaciju i drenažu.
HRN U.G1.510 1988	Azbestcementni cjevovodi. Tehnički uvjeti za polaganje.
HRN B.C4.061/1 1989	Azbestcementni proizvodi. Cijevi, spojnice i dopunski dijelovi za kanalizaciju i drenažu. Izmjena.
HRN B.C4.061/1 1989	Azbestcementni proizvodi. Cijevi, spojnice i dopunski dijelovi za kanalizaciju i drenažu. Izmjena.
HRN U.G1.500 1964	Cijevi i fazonski komadi od tvrdoga polivinilnoga klorida za kanalizaciju. Tehnički propisi za primjenu.
HRN M.J6.227 1970	Poklopci za okna. Kanalski poklopci i okvir tipa D za pokusna opterećenja 25 Mp i 40 Mp.
HRN M.J6.228 1971	Poklopci za okna. Kanalski poklopci i četvrtasti okvir za pokusna opterećenja 25 Mp i 40 Mp.

EN 598 1994	Kanalrohrsysteme aus duktilem Guβeisen. Technische Liferbedinungen.
ATV-DVWK-A 127 2000.	Statische Berechnung von Abwasserkanalen und -laitungen

8-05 HIDROIZOLACIJA

8-05.0 OPIS

Ovaj se dio OTU odnosi na izvedbu hidroizolacije tunelske cijevi prije izvedbe sekundarne betonske obloge, upotrebom termoplastičnih PVC folija.

Izolacijski materijal za zatvaranje dilatacija, različitih razdjelnica, cjevovoda i vodovodnih instalacija, nisu predmet ovog dijela OTU.

Hidroizolaciju tunelske cijevi izvedenu primjenom termoplastičnih PVC folija, sačinjava:

- podložni sloj,
- izolacijski sloj,
- zaštitni sloj.

Izolacijski se sloj u pravilu izvodi jednoslojno, osim u slučaju kada ispitani tlak vode prelazi 0,3 MN/m^2 (3 bara).

Podložni sloj služi kao mehanička zaštita izolacijskog sloja i izvodi se od odgovarajuće vrste geotekstila.

Izolacijski sloj služi kao direktna zaštita od prodora vode do sekundarne betonske obloge tunelske cijevi.

Zaštitni se sloj ugrađuje u području dna tunelske cijevi iznad drenažnog kanala, a izvodi se od istog materijala kao i izolacijski sloj.

Na mjestima razdjelnica u betonskoj oblozi, izolacijski se sloj s unutarnje strane ojačava zavarivanjem trake od istog materijala.

8-05.0.1 Uvjeti kakvoće materijala

Podložni sloj

Podložni sloj treba biti izveden od netkanog geotekstila na bazi kontinuiranih polipropilenskih vlakana, tvoreći stabilnu mrežu jednolike debljine i površinske teksture.

Površinska masa i debljina

Nazivna vrijednost površinske mase geotekstila, ne može biti manja od 500 g/m^2, s tim da izmjerena vrijednost može odstupati od nazivne za najviše -10 % (HRN EN 965).

Mehanička svojstva

Mehanička svojstva geotekstila namijenjenih za izvedbu podložnih slojeva hidroizolacije navedena su u tablici 8-05.0-1.

Hidraulička svojstva

Geotekstil mora imati dobra drenažna svojstva, tako da kapacitet otjecanja vode u ravnini (transmisivnost) pri normalnom tlaku od 0,2 MN/m^2 i hidrauličkom gradijentu i=1, bude veća od 1×10^{-6} m^2/s (HRN EN ISO 12958).

Tablica 8-05.0-1 Uvjeti kakvoće mehaničkih svojstava geotekstila u funkciji podložnog sloja

Svojstvo	Uvjet	Metoda ispitivanja
Najveća vlačna sila; uzdužno, poprečno, dijagonalno, najmanje	15 kN/m	HRN EN ISO 10319
Najveće vlačno istezanje; uzdužno, poprečno, dijagonalno, najmanje	70 %	HRN EN ISO 10319
Čvrstoća na proboj klipom, najmanje	2,5 kN	HRN EN ISO 12236

Kemijska svojstva

Geotekstil mora biti kemijski stabilan u području ph-vrijednosti između 2 i 13.

Zapaljivost

Geotekstil mora pripadati najmanje razredu zapaljivosti B 2, sukladno normi DIN 4102-1, a pri požaru ne smije razvijati dimne pare niti otrovne plinove.

Izolacijski sloj

Za izvedbu hidroizolacijskog sloja upotrebljavaju se termoplastične sintetičke folije, proizvedene od omekšanog polivinilklorida (PVC-P).

Termoplastična PVC folija mora biti vodonepropusna, bez mjehura, pukotina i šupljina, a može biti transparentna ili obojena, sa "signalnim slojem".

Debljina

Izolacijski sloj izvodi se od termoplastične PVC folije nazivne debljine od najmanje 2 mm. Debljina termoplastične PVC folije određuje se prema normi HRN EN 1849-2.

Debljina termoplastične PVC folije određena je srednjom i pojedinačnom vrijednošću. Srednja vrijednost debljine ispitivanog uzorka smije biti manja za najviše 5% nazivne debljine. Pojedinačna vrijednost smije biti manja za najviše 15% nazivne debljine.

Fizičko-mehanička svojstva

Fizičko-mehanička svojstva termoplastične PVC folije navedena su u tablici 8-05.0-2.

Kemijska svojstva

Termoplastična PVC folija mora biti otporna prema starenju, skupljanju, djelovanju kiselina i baza koje se normalno nalaze u tlu, soli otopljenih u vodi i normalnim kemijskim reakcijama u kontaktu s drugim materijalima u području *ph*-vrijednosti između 2 i 13.

Zapaljivost

Termoplastična PVC folija mora pripadati razredu zapaljivosti B 2, sukladno normi DIN 4102 -1.

Tablica 8-05.0-2 Fizičko-mehanička svojstva termoplastične PVC folije

Svojstvo		Uvjet	Metoda ispitivanja
Ravnost; najviše		50 mm	DIN 16726
Plošnost; najviše		10 mm	DIN 16726
Prekidna čvrstoća (uzdužno i poprečno); najmanje		10 N/mm^2	DIN EN ISO 527-3
Istezanje (uzdužno i poprečno), najmanje		200 %	DIN EN ISO 527-3
Ponašanje spoja kod smičnog ispitivanja		pucanje izvan spoja	DIN EN ISO 527-3
Ponašanje pod tlakom vode; kod 5,0 bara 72 sata		nepropusna	DIN 16726
Ponašanje kod ispitivanja na proboj; kod 750 mm visine pada		nepropusna	DIN 16726
Ponašanje pri savijanju na hladnoći		nema pukotina	DIN 16726
Ponašanje nakon držanja na 80 °C	Vizualna ocjena	ne stvaraju se mjehuri	-
	Promjena dimenzija (uzdužno i poprečno); najviše	3 %	DIN 16726
	Promjena vlačne čvrstoće (uzdužno i poprečno); najviše	± 20 %	DIN 16726 DIN EN ISO 527-3
	Promjena istezanja (uzdužno i poprečno);najviše	± 20 %(rel.)	DIN 16726 DIN EN ISO 527-3
	kod savijanja na hladnoći	nema pukotina	DIN 16726
Ponašanje nakon držanja u vodenim otopinama	Promjena vlačne čvrstoće (uzdužno i poprečno); najviše	± 20 %	DIN 16726 DIN EN ISO 527-3
	Promjena istezanja (uzdužno i poprečno); najviše	± 20 %(rel.)	DIN 16726 DIN EN ISO 527-3
	pri savijanju na hladnoći	nema pukotina	DIN 16726

OznačIvanje i način isporuke termoplastične PVC folije

Termoplastične PVC folije označuju se oznakom koja sadrži:

- oznaku norme,
- vrstu materijala, i
- debljinu.

Na pr.: Prema normi DIN 16938 sintetičke folije od omekšanog polivinilklorida (PVC-P), nekompatibilne s bitumenom (NB) i nazivne debljine od 2 mm, označuju se:

DIN 16938 - PVC - P - NB – 2,0

Termoplastične PVC folije isporučuju se u svicima. Svaka svitak, osim navedene oznake, treba imati otisnutu identifikacijsku oznaku svitka i datum proizvodnje.

Osim toga proizvođač ili dobavljač mora svaku pošiljku popratiti dokumentom, koji će sadržavati:

- komercijalni naziv i oznaku proizvoda,
- naziv proizvođača,
- broj isporučenih svitaka,
- ukupnu površinu isporučene folije,
- datum isporuke,

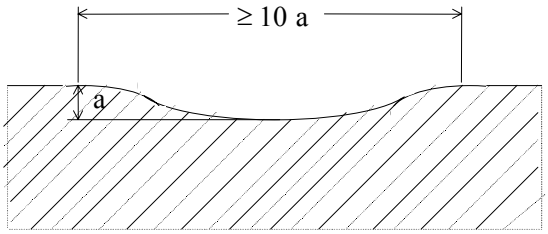
8-05.1 IZRADA HIDROIZOLACIJE

Hidroizolacijsku zaštitu tunela na dijelovima koji su ugroženi brdskom vodom ili trajnim vlaženjem, treba izvesti oblaganjem zidova i svoda tunelske cijevi od jedne do druge strane bočnih drenaža.
Prije postavljanja termoplastične PVC folije postavlja se zaštitni sloj od geotekstila na podlogu od mlaznog betona.

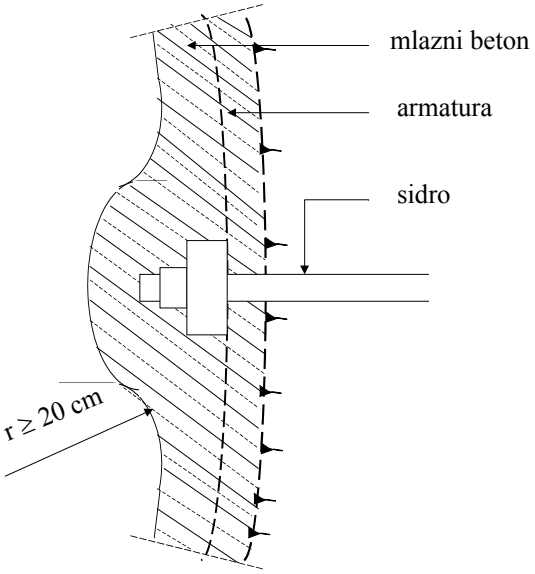
8-05.1.1 Podloga od mlaznog betona

Na cijeli profil tunelske cijevi potrebno je nanijeti sloj mlaznog betona optimalne debljine i čvrstoće.
Podloga od mlaznog betona mora biti suha prije izvedbe hidroizolacijskog sloja.
Ravnost podloge od mlaznog betona mora biti takva, da se trake termoplastične PVC folije mogu nesmetano međusobno spojiti.
Zbog mogućeg oštećenja folije na izvedenoj površini mlaznog betona ne smije biti ostataka armature, sidara, čeličnih lukova, žice i sl.
Ravnost podloge izvedene od mlaznog betona mora biti takva da zadovolji sljedeće uvjete:

- odnos duljine i visine pojedine neravnosti ne smije biti manja od 10 : 1 .
- najmanji radius pojedine neravnosti ne smije biti manji od 20 cm.



Slika 8-05.1-1 Dopuštena neravnost podloge od mlaznog betona



Slika 8-05.1-2 Dopuštena zakrivljenost podloge od mlaznog betona

Sve procjedne vode (veća procurivanja) treba kaptirati, jer u prisutnosti vode nije moguće izvesti termičko zavarivanje termoplastične PVC folije.

8-05.1.2 Postavljanje podložnog sloja od geotekstila

Na pripremljenu podlogu od mlaznog betona postavlja se zaštitni sloj od geotekstila. Njegova funkcija je da spriječi oštećenje termoplastične folije prilikom izvedbe betonske obloge, te da djelotvorno provede vodu do drenažnog kanala.

Dvije susjedne trake geotekstila preklope se min. 5 cm (tako da prekriju svu površinu mlaznog betona), a za mlazni beton se pričvršćuju sintetskim podložnim pločicama, kompatibilnim termoplastičnoj PVC foliji, kroz koju se specijalnim pištoljem zabijaju čavli.

Treba postaviti 3 do 5 podložnih pločica na četvorni metar (broj podložnih pločica varira ovisno o neravnini podloge od mlaznog betona). Podložne pločice učvršćuju zaštitni sloj od geotekstila i kasnije termoplastičnu PVC foliju uz mlazni beton sve dok se ne izvede sekundarna betonska obloga tunela.

8-05.1.3 Postavljanje izolacijskog sloja

Izolacijski sloj od termoplastične PVC folije polaže se od jedne do druge strane bočnih drenaža tako da se zavaruje toplim zrakom za ranije postavljene podložne pločice.

Termoplastična PVC folija polaže se i učvršćuje podložnim pločicama tako, da je prigodom izvedbe betonske obloge izolacijski sloj u najmanjoj mogućoj mjeri izložen vlačnim naprezanjima.

Dvije susjedne trake termoplastične PVC folije optimalno se preklapaju kako bi se na tom mjestu mogle vodonepropusno zavariti. Prije zavarivanja, preklope između dviju traka folije treba očistiti, tako da ne bude primjesa prašine, masti ili vode.

Vodonepropusno spajanje dviju susjednih traka folije izvodi se tehnikom termičkog zavarivanja, specijalnim strojem koji u jednom prijelazu uzduž spoja pravi dva paralelna vara ukupne širine približno 5 cm. Između varova ostaje nezavareni dio (“crijevo”) širine 1 do 2 cm, koji omogućuje kontrolu kakvoće zavarivanja nerazornom metodom.

Ukoliko duljina termoplastične PVC folije nije dovoljna da obuhvati cijeli opseg tunelske cijevi (npr. zbog odstupanja ili odrona pri iskopu tunela, te zbog projektiranih tunelskih niša) treba se produžiti zavarivanjem novog komada folije. U tom slučaju treba izvesti spoj na preklop, tj. preklopiti dvije trake folije najmanje 5 cm i cijelu duljinu spoja vodonepropusno zavariti.

Izolacijski sloj od termoplastične PVC folije ne može se izvoditi na temperaturi zraka nižoj od +5° C.

8-05.1.4 Zaštita izolacijskog sloja

Prije početka betoniranja sekundarne obloge i postavljanja kampadne oplate obvezno treba vizualno pregledati površinu folije ne bi li se uočila mehanička oštećenja. Uočena oštećenja moraju se prije betoniranja sanirati preklapanjem i zavarivanjem novog komada folije. Nepropusnost ovako saniranog izolacijskog sloja ispituje se vizualnim pregledom kontrolom kontinuiteta jednostrukog vara.

S obzirom na to da prilikom betoniranja može doći do mehaničkog oštećenja folije, potrebno je prilikom zatvaranja oplate drvenim klinovima spriječiti direktan kontakt klina i folije tako da se na mjestu kontakta postavi zaštitni sloj od geotekstila ili folije. Na mjestima gdje su predviđene razdjelnice u betonskoj oblozi, potrebno je s unutarnje strane ojačati izolacijski sloj, zavarivanjem trake širine od najmanje 50 cm.

8-05.2 KONTROLA KAKVOĆE

8-05.2.1 Prethodna ispitivanja

Izvođač radova dužan je prije početka izvedbe hidroizolacije od proizvođača ili dobavljača pribaviti dokaze uporabljivosti svih materijala namijenjenih za izvedbu hidroizolacije.
Pod dokazom uporabljivosti podrazumijeva se potvrda sukladnosti pojedinog materijala, ne starija od tri godine, a izdana od ovlaštenog tijela.
Izvođač radova će dokaze o uporabljivosti materijala dati na uvid nadzornom inženjeru najmanje 20 dana prije planiranog početka radova na izvedbi hidroizolacije. U roku od najviše 10 dana od dana primitka dokaza o uporabljivosti materijala, nadzorni će inženjer izvjestiti izvođača radova o prihvaćanju ili neprihvaćanju ponuđenih dokaza uporabljivosti.
Nadzorni inženjer može od izvođača radova zatražiti izradbu pokusne dionice na polaganju hidroizolacije, prije nego odobri kontinuirani rad. Troškove izradbe pokusne dionice, kao i troškove kontrole radova na pokusnoj dionici snosi izvođač radova.

8-05.2.2 Tekuća ispitivanja

Za vrijeme izvođenja hidroizolacijskih radova, izvođač je obvezan provoditi tekuću kontrolu kakvoće geotekstila i termoplastične PVC folije, te kontrolu kakvoće izvedbe varova pri spajanju traka od termoplastične PVC folije.

Geotekstil

Pri svakoj isporuci do 5000 m^2 isporučenog geotekstila, kao i na svakih daljnjih 5000 m^2 isporučenog geotekstila, ispituje se:

- debljina, HRN EN 964-1
- površinska masa, HRN EN 965
- prekidna čvrstoća, HRN EN ISO 10319
- izduljenje. HRN EN ISO 10319

Termoplastična PVC folija

Pri svakoj isporuci do 5000 m^2 isporučene termoplastične PVC folije, kao i na svakih daljnjih 5000 m^2 isporučene termoplastične PVC folije, ispituje se:

- debljina, HRN EN 1849-2
- prekidna čvrstoća, DIN EN ISO 527-3
- izduljenje, DIN EN ISO 527-3

Varovi

Kontrola ispravnosti varova prilikom spajanja traka od termoplastične PVC folije provodi se na svakom varu. Zapise o provedenoj kontroli izvođač predaje nadzornom inženjeru najkasnije 24 sata nakon provedenog ispitivanja.

Svi dvostruki varovi moraju biti vidljivo označeni brojevima.

Dvostruki varovi kontroliraju se upuhavanjem zraka u međuprostor ("crijevo") između dva paralelna vara. Jedan kraj "crijeva" zatvori se specijalnim kliještima a na drugi se stavi ventil s manometrom. Preko ventila se upuhuje zrak do tlaka od 2,5 bara. Ukoliko u trajanju od 10 minuta tlak ne padne ispod 2,0 bara, var je kvalitetno izveden (do manjeg pada tlaka dolazi radi elastičnosti termoplastične PVC folije).

Nakon provjere kvalitete vara, spoj se preklapa i na svakih 50 cm ponovno točkasto zavari toplim zrakom za postavljenu foliju. Ispitivanje varova mora se propisno protokolirati.

8-05.2.3 Kontrolna ispitivanja

Za vrijeme izvođenja hidroizolacijskih radova, investitor će provjeriti kakvoću upotrebljenih materijala i kvalitetu izvedbe hidroizolacijskih radova. Rezultati provedenih kontrolnih ispitivanja, zajedno s rezultatima tekućih ispitivanja osnova su za ocjenu kakvoće i preuzimanje izvedenih radova.

Geotekstil

Pri svakoj isporuci do 15000 m^2 isporučenog geotekstila, kao i na svakih daljnjih 15000 m^2 isporučenog geotekstila, ispituje se:

- debljina, HRN EN 964-1
- površinska masa, HRN EN 965
- maksimalna vlačna sila, HRN EN ISO 10319
- izduljenje, HRN EN ISO 10319
- čvrstoća na proboj, HRN EN ISO 12236
- zapaljivost, DIN 4102-1
- vodopropusnost u ravnini. HRN EN ISO 12958

Termoplastična PVC folija

Pri svakoj isporuci do 15000 m^2 isporučene termoplastične PVC folije, kao i na svakih daljnjih 15000 m^2 isporučene termoplastične PVC folije, ispituje se:

- debljina, HRN EN 1849-2
- prekidna čvrstoća, DIN EN ISO 527-3
- izduljenje, DIN EN ISO 527-3
- promjena dimenzija kod 80 °C, DIN 16726
- zapaljivost, DIN 4102-1
- ponašanje pod tlakom vode, DIN 16726
- ponašanje pri savijanju na -20 °C. DIN 16726

Ova se ispitivanja, osim zapaljivosti, odnose na uzorak u dostavnom stanju i nakon stajanja u vodenim otopinama.

Varovi

Kontrola ispravnosti varova prilikom spajanja traka od termoplastične PVC folije provodi se na najmanje 30 % ukupno izvedenih varova.

8-05.3 OBRAČUN RADOVA I PLAĆANJE

Podložni sloj od geotekstila i izolacijski sloj od termoplastične PVC folije obračunavaju se u četvornim metrima površine izvedenog sloja kvalitete utvrđene projektom i ovim OTU mjereno po teorijskoj P - liniji slika 8-02-2 do 8-02-5.

Površina izvedenih slojeva određuje se iz teoretskog vanjskog opsega betonske obloge i duljine u osi tunela.

Količine utvrđene na navedeni način plaćaju se prema ugovorenoj jediničnoj cijeni za četvorni metar.

U cijeni su sadržani svi troškovi nabave materijala, doprema, oprema i svi ostali troškovi potrebni za izvođenje radova i tekuća ispitivanja kakvoće materijala i izvedenih radova.

8-05.4 NORME I TEHNIČKI PROPISI

HRN EN 964-1:2001	Geotekstili i geotekstilu srodni proizvodi-Određivanje debljine pri određenom tlaku-1.dio: Jednoslojni
HRN EN 965:2001	Geotekstili i geotekstilu srodni proizvodi-Određivanje mase po jedinici površine
HRN EN ISO 10319:2001	Geotekstili-Vlačno ispitivanje na širokim trakama
HRN EN ISO 12236:2001	Geotekstili i geotekstilu srodni proizvodi-Ispitivanje statičkim probijanjem (CBR ispitivanje)
HRN EN ISO 12958:2001	Geotekstili i geotekstilu srodni proizvodi-Određivanje kapaciteta otjecanja vode u ravnini
HRN EN 1849-2:2002	Savitljive trake za hidroizolaciju-Određivanje debljine i mase po jedinici površine-2.dio: Sintetičke i elastomerne trake za hidroizolaciju krovova
DIN EN ISO 527-3:1995	Plastics - Determination of tensile properties - Part 3: Test conditions for films and sheets
DIN 16726:1986	Plastic roofing felt and waterproofing sheet; testing
DIN 4102-1:1998	Fire behaviour of building materials and building components - Part 1: Building materials; concepts, requirements and tests
DIN 16938:1986	Plasticized polyvinyl chloride (PVC-P) waterproofing sheet incompatible with bitumen; requirements

8-06 BETONSKI RADOVI

8-06.0 ZAHTJEVI ZA SASTAV BETONA

Kod izrade betona sekundarne obloge treba voditi računa o različitim zahtjevima koji su dijelom proturječni. S jedne strane se smatra da je potrebna dovoljno visoka temperatura betona kako bi se postiglo što brže očvršćavanje radi skidanja oplate i za brzo postizanje čvrstoće, a s druge strane se time uzrokuje stvaranje pukotina. Posebni zahtjevi mogu uzrokovati visoke temperature betona, a time i pukotine. Prespore reakcije produljuju rokove za skidanje oplate.

Pravilna receptura betona za sekundarnu oblogu zahtijeva optimiranje materijala i kvalitativno i kvantitativno kako bi se postigli što povoljniji preduvjeti za razne zahtjeve kao što su:

- obradivost,
- vrijeme skidanja oplate i čvrstoća prilikom skidanja oplate,
- izbjegavanje pukotina, i
- uporabna svojstva.

Dokaz svojstava provodi se na očvrslom betonu kako bi se usprkos djelomično proturječnim zahtjevima postigla optimalna receptura betona. Radi smanjenja temperaturnih naprezanja preporuča se koristiti cement koji sadrži mljevene mineralne dodatke ili jedan određeni dio veziva pokriti hidraulički efikasnim dodacima npr. letećim pepelom. Vrlo fini dodaci mogu osim toga poboljšati ugradivost svježeg betona kao i nepropusnost sastava betona ("efekt filera").
Cementi koji su siromašni s C_3A osim visoke otpornosti na sulfate pokazuju i slabo razvijanje temperature, znatno smanjuju opasnost od pukotina zbog temperaturnih naprezanja i zbog toga su posebno pogodni za "vodonepropusnu sekundarnu oblogu".

Odabrana količina cementa i dodataka mora kod ogovarajuće temperature svježeg betona garantirati traženu čvrstoću i zadržavanje uporabnih svojstava. Osim recepture betona i temperatura svježeg betona utječe na razvoj temperature i brzinu stvrdnjavanja betona sekundarne obloge, što je od velikog značenja za što brže skidanje oplate ali i za maksimalne temperature betona i izbjegavanje stvaranja pukotina. Temperature svježeg betona između 13 i 18^{o}C pokazale su se kao naročito povoljne. Temperature svježeg betona ispod 10^{o}C evidentno usporavaju stvrdnjavanje, više temperature od 25^{o}C negativno se odražavaju na stvaranje pukotina. Nisu dozvoljene temperature svježeg beton iznad 30^{o}C.

Razvitak temperature betona ovisi o temperaturi svježeg betona, stvaranju topline (toplina od hidratacije cementa, odnosno veziva, doziranja cementa/veziva), o debljini građevnih elementa i o vanjskim utjecajima (npr. temperaturi zraka, brzini zraka). S obzirom na sveobuhvatno sprečavanje pukotina treba maksimalna temperatura betona biti što niža.

8-06.0.1 Obradivost

Uvedene kontrolne metode mjerenja konzistencija ne omogućavaju kompletno sagledavanje svojstava svježeg betona čija suma dolazi do izražaja u pojmu "obradivost". Jednostavni pokus rasprostiranja nije dovoljno dobar način za ocjenu sposobnosti pumpanja betonskih mješavina.
Konzistencija betona za pumpanje betona sekundarne obloge treba se prilagoditi uvjetima ugradnje.
Za beton svoda u pravilu je potrebno rasprostiranje od 42 do 46 cm (najmanje 40 cm, najviše 48 cm) - konzistencija F2/F3 prema normi EN 206.

Za mogućnost ugradnje betona važni su vrsta agregata, raspodjela granulacija i oblik zrna. Vrlo fini mineralni dodaci, kao što je leteći pepeo, doprinose postizanju lako pokretnih, konzistentnih masa.

Na obradivost svježeg betona, osim osiguranja trajnosti stvrdnutog betona, povoljno utječe i, korištenje plastoaeranata koji stvaraju mikropore zraka s ograničenim uvođenjem zraka; poželjan sadržaj zraka 2,5% do 3,5% uz najveće odstupanje 3% do 4% apsolutne vrijednosti.

8-06.0.2 Vrijeme skidanja oplate, čvrstoća kod skidanja oplate

Kako bi se izbjegle pukotine treba odrediti što je moguće kasnije vrijeme skidanja oplate. Kako bi se održao uobičajeni 24-satni takt za betoniranje jednog dijela, za beton svoda proizlazi vrijeme skidanja oplate od 13-14 sati, što je povoljno sa stanovišta tehnologije betona. Kod vremena skidanja oplate ispod 10 sati treba poduzeti mjere protiv prejakog hlađenja i isušivanja.
Čvrstoća kod skidanja oplate ne smije biti prevelika, jer je inače i temperatura betona vrlo visoka upravo u vrijeme najveće mogućnosti za stvaranje pukotina. Za beton svoda čvrstoća kod skidanja oplate, mjereno na objektu, iznosi između 1,5 N/mm^2 i 3,0 N/mm^2.

8-06.0.3 Izbjegavanje stvaranja pukotina

Najčešći uzrok stvaranja pukotina u betonu obloge je vlastito, odnosno prisilno naprezanja zbog spriječenih kontrakcija kod hlađenja i zbog skupljanja.

Tablica 8-06.0.3-1 Povoljne i nepovoljne pretpostavke izbjegavanja pukotina

Povoljne pretpostavke	Nepovoljne pretpostavke
a) sulfatno otporni cement i hidrauliki aktivni mineralni dodaci	l) temperatura svježeg betona > 20^{o}C
b) korištenje kombinacija kemijskih dodataka za smanjenje ukupne količine vode (maks. količina vode 170 l/m^3	m) vrijeme skidanja oplate ispod 12 sati
c) umjetno uvlačenje pora zraka (sadržaj ca 3%)	n) čvrstoća kod skidanja oplate preko 3,0 N/mm^2
d) niska temperatura svježeg betona 13-18^{o}C (mora biti osigurana čvrstoća kod skidanja oplate)	o) propuh (visoka brzina zraka)
e) dužina blokova < 12 m	p) velika razlika u temperaturi betona u dnosu na vanjsku temperaturu
f) korištenje oplate s dobrom toplinskom vodljivosti (npr. čelična oplata)	r) ugrađeni dijelovi koji onemogućavaju pomicanje sekundarne obloge
g) ravne površine probijanja	
h) vrijeme skidanja oplate preko 12 sati radi smanjenja brzine hlađenja	
i) razdjelni slojevi radi boljeg klizanja	
j) njega pomoću raznih sredstava, folija, voala (točka 8-07.8), kola za njegu betona (točka 8-07.8)	
k) visoka vlažnost zraka	

Zbog toga u svim slučajevima treba maksimalna temperatura betona biti što niža, a brzina hlađenja i skupljanja mala.

Orijentaciono vrijedi da u tunelu najviša temperatura betona kod neizolirane ali nepropusne sekundarne obloge uobičajene dužine blokova od 10 m ne smije prijeći 40°C, kod kraćih odsjeka ili kod sekundarne obloge s izolacijom zbog bolje mogućnosti klizanja po podlozi ne smije prijeći 45°C.

Skupljanje treba održavati niskim putem male količine vode i putem odgovarajuće njege.

Sve te mjere treba prilagoditi relevantnim uvjetima na gradilištu, pri čemu se nepovoljne okolnosti moraju zamijeniti povoljnim mjerama, tako da se suma pukotina može smanjiti u što većoj količini. Sklonost betona svoda za nastajanje pukotine može se ocijeniti i tokom osnovnih ispitivanja.

8-06.0.4 Upotrebna svojstva

U troškovniku treba navesti vrstu betona (klasa čvrstoće s ocjenom starosti, posebna svojstva). Dokaz posebnih svojstava provodi se na očvrslom betonu.

Klasa čvrstoće definira se prema zahtjevima statike, uglavnom C20/25 ili C25/30. Za korištenje naknadnog stvrdnjavanja kod primjene hidraulički mineralnih dodataka klasa čvrstoće se mora odnositi na što jemoguće kasniju starost betona (56, 90 dana). Kod ispitivanja nakon 56 ili 90 dana treba starost navesti u zagradama iza klase čvrstoće (npr C25/30 (56)).

S obzirom na nepropusnost betonske mase, a time i na trajnost, beton sekundarne obloge mora u svakom slučaju imati svojstvo vodonepropusnosti. Preporuča se dodavanje plastoaeranata. Dokazivanje vodonepropusnosti vrši se na očvrslom betonu (prema normi EN 12364). Za betone posebnih svojstava dubina prodiranja smije iznositi najviše 30 mm u prosjeku od tri uzorka i najviše 50 mm pojedinačno.

Kod portala do dužine od ca 1000 m treba dodatno ispitati otpornost na smrzavanje, pri čemu vodonepropusnost kao i korištenje plastoaeranata i dodataka klase I prema normi EN 206 u pravilu garantira i otpornost na smrzavanje.

Pošto kod betona sekundarne obloge nije moguće provoditi naknadnu zaštitu ili održavanje kod utjecaja vode koja prodire kroz brdo, treba poduzeti odgovarajuće mjere već kod sumnja na najmanji utjecaj. To se odnosi na beton sekundarne obloge s izolacijom od folije

Kako koncentracija sulfata vode iz brda može vremenski jako varirati,ocjena utjecaja sulfata mora se vršiti pomoću najmanje tri vremenski odvojene probe. Kada se pojave vode koje imaju sadržaj SO_4^{2-} od preko 600 mg/lit. mora se koristiti sulfatnootporni portland cement CEM II/B-T. Kod sadržaja preko 1000 mg/lit. treba primjeniti mjere uvjetovane normom EN 206.

Dugogodišnje iskustvo s austrijskim cestovnim tunelima pokazuje da su betoni svodova otporni na smrzavanje u kombinaciji sa svjetlim premazom tunela prema EN 1504.

Samo kod velike izloženosti soli kao što su rubnjaci i rubne trake na portalima, potrebno je izvesti beton otporan na sol za otapanje ili provesti druge mjere i otrpornost na smrzavanje i soli za odmrzavanje kontrolirati prema HRN U.M1.055.

U principu treba reći da korištenje betona otpornog na sol za otapanje za svod u tunelima namijenjenima prometu ne doprinosi željenom povećanju kvalitete objekta, prema dosadašnjim tehničkim saznanjima. Uprkos normiranoj izvedbi betona moguća su

oštećenja kod utjecaja smrzavanja i soli za otapanje zbog tehnologije (nepovoljna koncentracija vode i raspodjela pora zraka kod čelične oplate i konzistencije betona za pumpanje).

U svim slučajevima se može očekivati povećana opasnost od stvaranja pukotina. Zbog toga se beton za svod otporan na smrzavanje i na sol za otapanje koristi u iznimnim slučajevima (npr. u kratkim cestovnim tunelima bez tunelskog premaza).

Alternativno postoji mogućnost nanošenja premaza prema EN 1504 za zaštitu protiv utjecaja smrzavanja i soli za otapanje u ugroženim dijelovima betona.

Kod vodonepropusne sekundarne obloge beton preuzima kompletnu funkciju izolacije. Beton sekundarne obloge stoga nema samo svojstva nepropusnosti nego se mora izvesti i bez pukotina koje propuštaju vodu. Za vodonepropusni beton sekundarne obloge važna je dobra obradivost, ograničenje temperature svježeg betona i najviše temperature betona, brzina hlađenja kao i malo skupljanje.

Posebno se preporušuje korištenje cementa s niskom toplinom hidratacije i po mogućnosti što manje količine vode uz korištenja kemijskih dodataka. Osim toga treba se pridržavati i konstruktivnih mjera prema točki 8-06.4.

Naknadnu njegu treba tako predvidjeti da se nakon skidanja oplate izbjegne brzo hlađenje u prva tri dana i brzo isušivanje u prvih 7 dana (prema točki 8-07.8).

8-06.1 OSNOVNI SASTOJCI BETONA

Treba navesti porijeklo osnovnih sastojaka betona i njihovu pogodnost treba dokazati na vrijeme prije početka betoniranja. Moraju u svemu zadovoljavati uvjete poglavlja 7 ovih OTU, knjiga IV.

8-06.1.1 Cement

Trebaju se koristiti cementi propisani normom EN 197-1 pri čemu vrijede slijedeći dodatni zahtjevi:

- Početak vezanja cementa (ispitivanje prema EN 196-2) mora biti između 1,5 sata do 4 sata
- Finoća mljevenja - Srednja vrijednost za specifične površine cemenata prema normi EN 197-1 prema Blaine-u, koju odabire isporučitelj, treba iznositi između 3500 cm^2/g i 4000 cm^2/g. Za druge cemente se srednja vrijednost odvojeno ugovora. Standardno odstupanje za specifične površine prema Baline-u smije iznositi najviše 5% od relevantne odabrane srednje vrijednosti.
- Izlučivanje vode - Određivanje se vrši prema EN 196-2 na čistom cementu, vrijednost ne smije prijeći 20 cm^3.
- Tlačna čvrstoća prema normi EN 196-2.
- Otpornost na sulfate - Za beton sekundarne obloge koji je otporan na sulfate koristi se sulfatno otporni portland cement koji ima povećanu otpornost na sulfate i koji ima ograničen C_3A, kada se pojavi voda koja ima sadržaj $SO4^{2-}$ veći od 600 mg/l.
- Temperatura cementa - Temperatura cementa kod isporuke u cementari ne smije prijeći $+80^oC$, odnosno kod ispuhivanja u silos cementa betonare ne smije prijeći $+70^oC$. Viša temperatura cementa prilikom predaje u cementari dozvoljena je samo uz prethodni dogovor između cementare i korisnika.

8-06.1.2 Mineralni dodaci

- S obzirom na poboljšanje obradivosti i smanjenje nastanka topline kao i za postizanje nepropusnog sastava betona preporuča se dodavanje hidraulički aktivnih mineralnih dodataka.
- Za sada se dobrim dodatkom pokazao lebdeći pepeo prema HRN EN 450. Kod nearmirane sekundarne obloge sadržaj lebdećeg pepela kao dodatka u pravilu je između 15% i 25% u odnosu na sveukupnu masu koja se sastoji od cementa i letećeg pepela (veziva).Sveukupni udio materijala koji se dodaje mljevenju (leteći pepeo, talionički pijesak, vapnenac) smije iznositi najviše 45% količine veziva, pri čemu se mora uračunati maksimalno mogući udjeli materijala koji se dodaju mljevenju prema normi EN 206. Najpovoljniji omjer cement-mineralni dodatak mora se definirati putem odgovarajućeg ispitivanja.

Kod armirane sekundarne obloge treba se pridržavati odredbi norme EN 12620 za agregate. Zbog većeg zaštitnog sloja betona iznad armature (40 mm) može se dozvoljeni udio dodatnog letećeg pepela povećati za 10% sveukupne mase, kada beton svoda mora biti posebno nepropustan (dubina prodiranja vode kod ispitivanja vodonepropusnosti prema normi EN 11364 najviše 30 mm).

Mineralni dodaci doziraju se kao vlastite komponente prema težini. Homogeno miješanje cementa, agregata i aditiva treba se zagarantirati zadovoljavajućim vremenom miješanja u mješalici. Isporučeni leteći pepeo mora se kontrolirati najmanje mjesečno. Specifična površina prema Blaine-u mora iznositi 4500 cm^2/g a standardno odstupanje od utvrđene srednje vrijednosti smije iznositi najviše ± 250 cm^2/g.

- Dodavanje silikatne prašine može se vršiti u obliku suspenzije ili u obliku praha u dozama od 4% do 8% udjela čvrstog materijala mase cementa. Udio se uračunava kao mineralni dodatak. Dokazali su se i kombinirani proizvodi od silikatne prašine i tekućih sredstava. Povoljan omjer cement-silikatna prašina treba definirati ispitivanjem.
- Silikatna prašina se sastoji od vrlo finih, okruglih djelića s visokim udjelom amorfnog SiO_2. Treba zadovoljavati HRN EN 13 263.

8-06.1.3 Agregat

Za beton sekundarne obloge koristi se frakcionirani prirodni ili drobljeni agregat prema normi EN 12620.

Odvajanje frakcija agregata mora se tako izvesti da se garantira pridržavanje maksimalnih graničnih vrijednosti odnosno variranje sveukupne linije prosijavanja prema normi EN12620.

U pravilu se predviđa odvajanje zrna kod 4 mm. Za nearmirani beton klase do C15/20 može se koristiti prirodna mješavina agregata.

Za beton sekundarne obloge pokazalo se, osim normirane granulacije 0-4, 4-8, 8-16, 16-32, dobrim i granulacija 0-4, 4-11, 11-32 i 32-45. Ukupna linija prosijavanja se odabire tako da se dobije potrebna ugradivosti kod najmanje količine vode. Najveća granulacija se odabire što je moguće veća prilagođena uvjetima ugrađivanja (npr. debljina građevnih elementa, vođenje armature, itd).

Kod armirane sekundarne obloge po mogućnosti D_{max} 32, kod nearmirane sekundarne obloge po mogućnosti D_{max} 45. Udio granulcije 4-8 ili 4-11 treba biti što je moguće manji

zbog mogućnosti pumpanja, granulometrijski sastav i sitnog i krupnog agregata mora zadovoljiti uvjete EN12620.

Preporučljiva ukupna optimalna granulometrijska područja agregata data su u tablici 8-06.1.3-2.

Tablica 8-06.1.3-2 Optimalno granulometrijsko područje mješavina kamenog agregata za max. zrno 32 mm i max zrno 45 mm

Otvor okaca sita (mm)	Vrsta optimalne mješavine kamenog agregata	
	max. zrno 32 mm	max. zrno 45 mm
	Prolaz kroz sito % (*m/m*)	
0,063	2 do 6	2 do 6
0,125	3 do 7	3 do 7
0,25	4 do 10	4 do 9
0,50	10 do 18	7 do 12
1,0	18 do 26	12 do 22
2,0	26 do 38	22 do 32
4,0	40 do 52	32 do 44
8,0	52 do 64	42 do 58
11,2	62 do 72	52 do 68
16,0	72 do 82	62 do 76
22,4	82 do 92	72 do 86
31,5	90 do 100	83 do 96
45,0	100	92 do 100
50		100

8-06.1.4 Voda

Voda za spravljanje betona treba zadovoljavati uvjete HRN EN 1008.

8-06.1.5 Kemijski dodaci

Efikasnost kemijskih dodataka betonu i međusobnu kompatibilnost (kod više dodataka) treba dokazati odgovarjućim ispitivanjima, što se mora također ocijeniti i kod ispitivanja kvalitete.

Za primjenjene dodatke moraju se dobiti certifikati, izvještaji o ispitivanjima prema zahtjevima tehničkih propisa, a koji nisu stariji od 3 godine.

Kod svih drugih dodataka isporučitelj treba dokazati da nemaju klorida i to u razmaku od najviše 2 godine.

Kemijski dodaci (plastifikatori, superplastifikatori, plastoaeranti i aeranti) moraju zadovoljavati uvjete HRN EN 934.

8-06.2 POTVRĐIVANJE SUKLADNOSTI

Potvrđivanje sukladnosti u svemu provoditi prema poglavlju 7 OTU, knjiga IV.

8-06.3 KONTROLA PROIZVODNJE (KONTROLNO ISPITIVANJE I ISPITIVANJE PRILIKOM PREUZIMANJA)

Kontrolu kakvoće proizvodnje betona i izvedbe radova treba u svemu provoditi prema poglavlju 7 OTU knjige IV tj. prema EN 206 i ENV 13670. Ispitivanjima tokom izvođenja radova dokazuje se da je beton sekundarne obloge tako proizveden da je kod besprijekorne izvedbe, njege i održavanja postigao potrebna svojstva u određenoj starosti.

Na betonu svoda se pri preuzimanju redovno mora mjeriti čvrstoća kod skidanja oplate i eventualno temperatura.

- Tlačna čvrstoća u vrijeme skidanja oplate (do maksimalno 34 h) utvrđuje se na objektu, npr. pomoću sklerometra po E. Schmidt-u model PT (za tlačne čvrsotće kocke od 0,5 N/mm^2 do 5 N/mm^2). Za ispitivanje se uzimaju reprezentativna mjesta. Osim ispitanih površina na čeonoj strani preporučaju se različiti ispitni otvori na kolima za postavljanje oplate.

Temperaturna krivulja betona svoda mjeri se uvijek na dva mjerna mjesta u sljemenu i na špalama jednog odsječka koji se betonira u sredini debljine obloge kod svakog 40. odsječka, najmanje dva puta po dužini tunela (barem dok se ne postigne izlazna temperatura = temperatura svježeg betona).

8-06.4 IZVEDBA BETONSKIH RADOVA

8-06.4.1 Općenito

Betonske radove treba u svemu izvoditi prema uvjetima iz poglavlja 7, knjiga IV ovih OTU i ovdje datim dodatnim uvjetima.

Sekundarna obloga se izvodi, ovisno o njenoj funkciji, bez armature ili s armaturom. U obje izvedbe može se predvidjeti i izolacija. U principu možemo razlikovati tunele koji imaju nepropusnu cijev (koja zadržava tlačnu vodu) i drenirane tunele. Odluka da li će se tunel izvoditi prema jednom od navedenih načina ovisi o slijedećem:

- mogućnosti slobodnog, prigušenog ili pumpanog ispusta podzemne ili procjedne vode u recipijent,
- o očekivanom prodoru vode,
- o očekivanim pritiscima vode,
- hidrološkom djelovanju okoline,
- građevinskim troškovima kao i o pogonskim troškovima pumpne i prigušne stanice.

Nearmirane sekundarne obloge u pravilu se izvode kod dreniranih tunela.

Armirana sekundarna obloga se u pravilu izvodi u tunelima namijenjenim prometu koji zadržavaju tlačnu vodu kao i u tunelima u naseljima, pri čemu se kod ove posljednje izvedbe prednost daje vodonepropusnoj sekundarnoj oblozi.

Pod vodonepropusnom sekundarnom oblogom podrazumijevamo nepropustan element bez izolacije. Zbog toga se ne traži smo svojstvo "vodonepropusnoti" prema normi EN 12364 nego i tehničke, konstruktivne i izvedbene mjere (npr. razdjelni slojevi) kako bi se što je više moguće izbjeglo stvaranje pukotina i prodiranje vode.

Sekundarna obloga smatra se vodonepropusnom ako se samo na pojedinim mjestima na unutarnjoj strani pojavljuje vlaga (npr. vlažni flekovi, lokalna promjena boje i tragovi

vode koji se nakon najviše 20 cm suše). Jače prodiranje vode, a koje ne nestaje nakon određenog vremena promatranja, mora se ukloniti injektiranjem.

Projektom treba predvidjeti mrežnu armaturu betonskog presjeka prema brdu i prema otvorenom. Armatura koja je potrebna zbog zahtjeva statike, a koja prelazi minimalnu količinu izvodi se u obliku pojedinih šipki. Treba izbjegavati promjer šipki veći od 20 mm. Kako bi se zagarantiralo besprijekorno betoniranje otvor mrežne armature mora iznositi najmanje 100 mm.

Ako se stvarno ne može izbjeći zaštitni sloj betona na armaturi koja je prema brdu a koji prelazi 100 mm, treba primijeniti jednu od sljedećih mjera:

- na dijelu prevelikog zaštitnog sloja betona treba predvidjeti i dodatnu armaturu mreža Q s najmanjim otvorima,
- projektom predviđena armatura prilagođava se položaju i presjeku,
- za izjednačavanje neravnina na vanjsku ljusku se nanosi mlazni beton.

Ukrute i potpornji oplate moraju se prilagoditi zahtjevima dozvoljenih naprezanja i deformacija. Kod kontinuiranih ankerskih rupa (npr. kod otvorenog načina gradnje) trebaju se koristiti zaštitne cijevi i sustavi zatvaranja, koji onemogućavaju prodor vode i osiguravaju trajnu izolaciju. Broj radnih reški treba smanjiti na najmanju moguću mjeru. Za presjek probijanja do ca 50 m^2 preporuča se korištenje postolja za postavljanje oplate.

Radne reške se izoliraju konstruktivno npr. pomoću brtvenih traka. Između blokova betoniranja predviđaju se dilatacione spojnice s brtvenim trakama minimalne širine 300 mm. Sama spojnica se može izvesti kao kontaktna ili kao spojnica sa stišljivim umetkom. Na prijelazu između objekata s različitim ponašanjem što se tiče deformacija, u svakom slučaju se moraju predvidjeti stišljivi ulošci za brtvljenje.

Za sve vrste temelja raspored spojnica mora odgovarati onome u betonu svoda. Dodatne podjele temelja nisu moguće.

Temeljne ploče moraju imati minimalnu debljinu od 300 mm.

Što se tiće minimalne armature i zaštitnog sloja primjenjuje se norma ENV 1992. Ako se koristi vodonepropusna sekundarna obloga, tada vrijede isti zahtjevi za beton temelja kao i za beton svoda.

Prema iskustvu sekundarna se obloga smije ugrađivati bez dodatnih mjera do brzine deformcije od najviše 4 mm mjesečno. Izuzeti su tuneli u materijalu koji bubri i oni vrlo visoke superpozicije ili visokog tektonskog predopterećenja.

Vrijeme ugradnje ovisi o brzini deformacije ruba šupljeg prostora nakon ugradnja zaštite i o sposobnosti sekundarne obloge. To se ne odnosi na nesraslo kamenje ispod izgrađenih objekata s malom superpozicijom, gdje se sekundarna obloga po mogućnosti treba izvesti što prije nakon radova probijanje (izbjegavnje deformacija).

Dodatne mjere su:

- povećnje otpora gradnje,
- ugradnja folije ili voala, ugradnja deformacijskih elemenata,
- konstruktivne mjere (duktilna armatura, veća čvrstoća betona).

Statički potrebna čvrstoća betona kod skidanja oplate ovisi o veličini šupljeg prostora, geometriji sekundarne obloge kao i o debljini sekundarne obloge. Prema iskustvu potrebna je minimalna čvrstoća kod skidanja oplate od 2 N/mm^2 za normalne poprečne presjeke radijusa < 6 m u kaloti.

Posebni statički dokazi potrebni su kod:

- posebnih presjeka (npr. niša),
- većih radijusa zakrivljenosti,
- nepravilnih debljina obloge, npr. zbog nadprofila,
- koncentracije opterećenja s jedne strane, odn. nadprofil preko većih dužina.

Dokaz tlačne čvrstoće betona vrši se pomoću sklerometra prema odlomku 8-06.3 na čeonoj površini, nakon toga na lateralnom otvoru u oplati, odn. kod pozitivnog rezultata na otvoru u kaloti.

8-06.4.2 Priprema za betoniranje

Priprema podloge

Prije betoniranja u svakom slučaju treba odvesti tekuću ili vodu koja kaplje s površine, kako bi se spriječilo ispiranje finih čestica i veziva iz betona i stvaranje tlaka vode tokom ugradnje betona.

U tu svrhu pogodne su sljedeće mjere:

- ugradnja drenažnih slojeva, drenažnih tijela i drenažnih cijevi, npr. šljunka bez finih čestica jednozrnog betona i sl.,
- voda koja dotiče odvodi se uzdužnom drenažom ili ispumpavanjem,
- zadovoljavajuće dimenzionirano postavljanje crijeva ili otvoreni tok,
- površinska odvodnja (folija, voal i sl),
- potpuna izolacija.

Kod izvođenja izolacije objekta ona može preuzeti potrebnu zaštitu novog betona od prodora vode.

Prije ugradnje betona treba na odgovarajući način pripremiti površine u kaloti i u oporcima kao i na temeljima.

Podloga (površina od mlaznog betona ili od stijenja) mora se očistiti od nečistoća i moraju se ukloniti svi slobodni komadi. Kod sekundarne obloge s izolacijom, odnosno vodonepropusne sekundarne obloge vrijede zahtjevi iz ove točke.

Treba spriječiti prodiranje cementnog mlijeka u trup filtera i u drenažu odgovarajućim mjerama.

Kod temeljenja na stijeni moraju se svi slobodni dijelovi ukloniti s površine stijene i, ako je potrebno, očistiti komprimiranim zrakom ili mješavinom zraka i vode, ukoliko to dozvoljava površina stijene.

Kod temeljenja na nesraslom materijalu temelj se izrađuje točno prema profilu, površina temelja se isušuje eventualno ispumpavanjem, razmekšani dijelovi se zamjenjuju kao i izoliraju na odgovarajući način. Ukoliko je potrebna oplata, treba se izraditi sloj čistoće.

Radne reške su sponice koje nastaju kod izrade površine sa ili bez čvrstog spoja. Prije dobetoniravanja uglavnom se sve radne reške čiste (zrakom, vodom ili mješavinom zraka i vode). Kod vodonepropusne sekundarne obloge potrebne su brtvene trake za spojnice (temelj-svod). Potreban čvrsti spoj dobiva se otkrivanjem (otvaranjem) agregata. Kod radnih reški koje se teško izvode (npr. račvanje) i kod velikih zahtjeva na čvrsti spoj može se predvidjeti mogućnost injektiranja u kontaktnu površinu.

Dilatacione spojnice su konstruktivne spojnice objekta koje su sa ili bez mekanog umetka za brtvljenje. Ako se dilatacione spojnice izvode kao prividne spojnice, onda dubina reza iznosi najmanje jednu trećinu teoretske debljine građ. tijela. Fuge se urezuju onda kada još ne mogu nastati prijevremene pukotine zbog hlađenja i skupljanja. Nadalje treba paziti da je beton dovoljno stvrdnut kako bi se dobili čisti rezovi.

Šalane dilatacije čiste se u pravilu kao i čeone površine. Ako se koriste umeci za brtvljenje (spužvaste ploče, ploče od mekih vlakana, ploče od kamene vune) tada se one postavljaju po cijeloj površini bez međuprostora (lijepljenjem).

Kod armirane sekundarne obloge mora profil umetnute letvice garantirati adekvatno prekrivanje armature (npr. trokutasta letvica).

Brtve se izrađuju od PVC-a, elastomera kao i od metala u kombinaciji s elastomerom.
Odabir se vrši ovisno o zahtjevima obrade, nastavku na izolacione trake, mogućnosti rastezanja, kemijske otpornosti i vrmenskom trajanju.

Širina umetka za fuge ovisi o tlaku vode i očekivanom istezanju. Preporuča se najmanja širina umetka od 300 mm i minimalna debljina na dijelu rastezanja od 5 mm. Položaj umetka treba biti definiran projektom.

Kod posebnih zahtjeva (visoki tlak vode) preporuča se postavljanje dva nivoa izolacije, npr. kombinacija brtva s unutarnje strane i umetak koji bubri).

Brtve se fiksiraju u svom projektnom položaju tako da kod ugradnje betona ne može doći do pomicanja. Za fiksiranje se koriste sredstva koja predviđa proizvođač odnosno treba voditi računa o posebnim propisima za ugradnju brtvi. Brtve se moraju očistiti prije ugradnje betona sljedeće dionice koja se betonira. Oplata i spojevi oplate moraju na dijelu brtvi biti u nepropusnoj izvedbi, kako bi se spriječilo iscurivanje cementnog mlijeka a time i nastajanje gnijezda.

Brtve s vanjske strane moraju čisto i na cijeloj površini i po mogućnosti ravno nalijegati na oplatu, na izolaciju, na površine od mlaznog betona i na ostale površine. Prije svega na dijelu temelja treba paziti na čistoću rebara brtava.

Kod nepravilnih profila probijanja postoji opasnost da se šuplji prostor, prije svega na sljemenu, ne može potpuno zapuniti a time brtva, koja je postavljena s vanjske strane, postaje neefikasna zbog podloge koje nema. Pod takvim okolnostima bolje je koristiti brtvu koja se postavlja s unutarnje strane. Ukoliko je ipak potrebna brtva koja se postavlja s vanjske strane, tada treba predvidjeti mogućnost naknadnog zapunjavanja eventualnih šupljina (npr. brtva sa crijevom za injektiranje).

Kod nearmiranog betona (npr. temelj) brtva se osigurava u projektnom položaju s pomoćnom konstrukcijom. Preporuča se dodatno ugraditi crijeva za injektiranje čija je prednost da se i kasnije injektiranjem mogu ukloniti propusna mjesta. Ako fiksiranje kod nearmiranog betona zahtjeva i dodatne mjere, mogu se koristiti ekspandirajuće brtve.

One djeluju vodonepropusno svojim povećanjem volumena, koji djeluje putem kemijskog vezanja vode.

Ekspandirajuće brtve moraju biti izrađene od materijala koji ima dovoljnu mogućnost reverzibilnog bubrenja (faktor bubrenja efikasnog materijala za brtvljenje najmanje 200%), odgovarajuće vrijeme bubrenja i koji kod većeg tlaka vode ili većeg pomicanja fuge pokazuju zadovoljavajuću stabilnost.

Efikasnom se pokazala kombinacija neoprenskog elementa u jezgri i vanjskog omotača od brtvenog materijala koji ekspandira. Oblikom neoprenskog elementa može se odrediti smjer bubrenja, tako da pritisak bubrenja djeluje na bočne stranice a ne iz spojnice. Proizvođač mora u mm navesti dužinu istezanja sveukupnog profila. Bubrenje mora biti reverzibilno i neovisno o kemijskom sastavu kontaktne vode.

Kod drugih naprezanja spojnica proizvođač mora dokazati brtvljenje i kemijsku otpornost. Sastojak koji reagira u kontaktu s vodom ne smije se isprati i ne smije ispuštati štetne tvari u okolne vode. Treba voditi računa da je procesu bubrenja potrebno određeno vrijeme, a to znači da se i potpuna nepropusnost ne može odmah postići.

Betonske površine na kojima leže brtve koje ekspandiraju moraju se izvesti po mogućnosti što ravnije i bez gnijezda. Brtva koja bubri mora se ugraditi točno prema uputama proizvođača. Prednost se daje postavljanju u utore, kako bi se garantiralo bolje fiksiranje položaja.

Umetci između podloge i betona

Pod umetcima između podloge i betona podrazumijevamo razdjelne slojeve, površinske drenaže i izolacije.

Pojedine trake razdjelnih slojeva moraju biti preklopljene tako da voda koja dolazi iz brda može slobodno otjecati iza traka i ne može doći do svježeg betona. Kod većeg prodora vode treba predvidjeti postavljanje crijeva kako bi se izbjeglo nakupljanje vode iza razdjelnog sloja. Rubovi pojedinih traka moraju biti zalijepljeni ili preklopljeni, kako bi se spriječilo prodiranje betona između razdjelnog sloja i brda, odnosno obloge od mlaznog betona.

Pričvršćenje se vrši tako da se razdjelni sloj ne može pomaknuti zbog betona koji nadolazi ili da ga pričvrsni materijal ne može probiti. U pravilu se za pričvršćenje koriste posebni čavli.

Razdjelnim slojevima se smanjuje prijanjanje i zazubljenje između obloge i stijene odnosno obloge od mlaznog betona. Oni se koriste uglavnom zajedno sa sekundarnom oblogom. Smanjuje se naprezanja u oblozi šupljeg prostora tokom procesa stvrdnjavanja, a time i nastanak pukotina zbog spriječenog deformiranja. U pravilu se u tu svrhu koriste tanke plastične folije armirane mrežicom ili voal kaširan folijom.

Površinska drenaža omogućava otjecanje vode iz brda u drenažne kanale ispod šupljeg prostora. U pravilu se koriste strukturirane ploče od plastike (folija s čvorovima), a posebni voal ili drenažni elementi.

Ugradnjom izolacije putem folije trajno se sprječava prodiranje vode u šuplji prostor.

Oplata

U pravilu su elementi oplate u tlocrtu ravni kod dužine blokova do 12 m, čime nastaje poligonalna krivulja. Treba paziti da se u geometriji pridržava dozvoljenih toleranci.

Sustav oplate se konstruktivno izvode tako da dinamička naprezanja ne uzrokuju nastajanje nedozvoljenih deformacija na čeonoj oplati zbog vibracione oplate, hidrostatskog tlaka svježeg betona kao i hidrauličkog tlaka pumpe.

Izrada oplate na licu mjesta koristi tamo gdje se ekonomično ne može koristiti uobičajena višekratna oplata zbog malog broja pravilnih dionica za betoniranje, ili zbog promjenjivog oblika presjeka. Ta oplata se izrađuje od predfabriciranih elemenata. Kao nosači oplate koriste se predsavijeni ili poligonalno sastavljeni nosači ili drvena konstrukcija sa oplatom od blanjanih dasaka. Postupak izmjene se vrši spuštanjem pomoću klinova i eventualno djelomičnom demontažom pomoću vitla ili dizalica.

Kod dužih dionica normalnog profila zbog ekonomskih i razloga vremena izgradnje koristi se mehanička ili/i hidraulička pomična oplata.

Pomična oplata koristi se kao postolje za postavljanje uokrug (fullround) ili kao podijeljeno postolje (postolje za oplatu svoda). Oplata svoda se postavlja na unaprijed izbetonirane elemente i po njima se vodi. Pri tome se kod manjih presjeka (do ca 20 m^2) koriste transportna postolja, koja po blokovima uzimaju, uvlače, premještaju i namještaju elemente oplate. Kod većih presjeka (cestovni, željeznički tuneli i tuneli za podzemnu željeznicu) kompletira se transportno postolje kompletno s oplatom za predviđenu kampadu za betoniranje i koje služi kao transportna kolica i konstrukcija za ukrućenje kod betoniranja.

Oplatani se u principu moraju uskladiti s materijalom za oplatu i moraju biti ekološki čisti. Prednost se daje primjeni kemijsko-fizički efikasnim sredstvima. Otopine i paste za pranje mogu stvoriti otporan i dobro prijanjajući film koji je potreban onda kada ona dugo stoji i vrlo je opterećena kod postavljanja armature. Vrlo je važno jednoliko tanko nanošenje na dobro očišćenu čeličnu oplatu.

Korišteno sredstvo oplatana mora biti kompatibilno s eventualnim naknadnim premazima. Svaki oplatan se mora jasno i trajno označiti navodeći grupu materijala. Ukoliko je dozvoljeno razrjeđivanje treba navesti s čime i u kojoj mjeri se smije razrjeđivati. Na etiketi mora biti kratko i jasno naznačeno:

- način primjene,
- prosječna količina koja se nanosi,
- djelovanje kod predoziranja,
- upute za uklanjanje ostataka s betonske površine.

Osim toga treba navesti i eventualne štetne sastojke.

Kod svake pojedine isporuke treba na pakovanju naznačiti:

- broj šarže,
- godinu i mjesec proizvodnje,
- dozvoljeno vrijeme skladištenja.

Armatura

Treba upotrebljavati armaturu sukladnu EN 10080 i ugrađivati je prema uvjetima poglavlja 7 OTU, knjiga IV.

Kod sekundarne obloge s izolacijom u pravilu nije predviđena armatura. Ukoliko je zbog razloga statike potrebna armatura, moguće su sljedeće izvedbe, u skladu s uvjetima šupljeg prostora i prema planiranju odvijanja građenja:

- samonosiva armatura,
- armatura s pričvršćenim elementima koji su postavljeni na izolaciju,
- armatura postavljena na oplatu.

Kod sekundarne obloge s izolacijom postavljanje armature se u pravilu vrši preko montažnih kuka koje su postavljene izvana i na njih pričvršćenih montažnih uzdužnih željeza.

Projektirani položaj armature se osigurava odgovarajućim mjerama koje trebaju što je manje moguće ometati ugradnju betona (potrebna je izmjena armature na dijelu otvora za punjenje i za vibriranje).

Razmak između slojeva armature osigurava se mrežnim koševima ili sličnim.

Predsavinute armaturne mreže kao i distanceri dimenzioniraju se na projektiranu debljinu sekundarne obloge (vodeći računa o proizvodnim tolerancama).

Unutarnji zaštitni sloj betona osigurava se odgovarajućim distancerima (npr. trokutastim letvicama od betona preko najmanje dva otvora meže, najmanje 1 kom na m^2). Spojevi armture trebaju biti fleksibilni, tako da kod prilagođavanja armature ne dođe do uništavanja distancera. Spojevi mreža se postavljaju tako da se izbjegne četverostruki sloj mreže (ometanje ugradnje betona).

Tolerance

Stvaran položaj kalote koji je definiran nakon dovršenja obloge, smije odstupati od projektiranog položaja za određenu mjernu tolerancu. Takva potreba proizlazi iz neizbježnih netočnosti pri mjerenju mjesta za oplatu i kod postavljanja same oplate. Osim toga postolje za oplatu, čija geometrija i sama ima netočnosti, doživljava deformacije tokom betoniranja.

U tunelima u krivini idealna geometrija u tlocrtu se dobiva poligonalnim postavljanjem blokova za betoniranje. Time se osim na mjestima spojeva blokova, dobiva lateralno suženje projektom prikazanog profila obloge što se može i izračunati (kod uskih radijusa krivine treba voditi računa o geometriji dionica blokova već kod samog probijanja).

8-06.4.3 Proizvodnja i ugradnja betona

Proizvodnja i ugradnja betona treba u svemu zadovoljavati uvjete iz poglavlja 7 ovih OTU, knjiga IV i ovdje date dodatne zahtjeve koji propisuju u pravilu i mikroprocesorsko upravljanje sljedećim uređajima, koje treba kontrolirati kod prvog ispitivanja postrojenja;

- Memoriranje recepture i iskaz,
- Mjerenje sadržaja vode u pijesku do maksimalno 4 mm veličine zrna (kapacitivno mjerenje ili mjerenje neutronskom sondom) i korektura dodavanja vode. Prosječni sadržaj vode u preostaloj granulciji treba uzeti u obzir odvojeno,
- Kontrola propisane i stvarne težine svih komponenti betona svake mješavine,
- Iskaz podataka: protokol o šarži, odstupanje kod vaganja (protokol o greškama),

- Automatsko mjerenje i iskaz temperature svježeg betona kao i podaci o vremenu miješanja u protokolu o šarži,
- Statistika: moraju se obuhvatiti sljedeći podaci, memorirati i na zahtjev se moraju grafički prikazati za odabrano vrijeme i građevinsku fazu: broj sveukupnih šarži, šarže s odstupanjem u vaganju ili s ručnim prekopčavanjem, srednja vrijednost, maksimum, minimum (eventualno standardna odstupanja) težine osnovnih sastojaka betona (cement, mineralni i kemijskih dodaci, ukupna količina vode, frakcije pijeska) u usporedbi sa zadanom vrijednošću.

Primjedba: usporedba šarži s odstupanjem u težini i ručno prekopčavanje na ukupan broj šarži daje pregled o funkcionalnosti betonare. Statistika težina osnovnih sastojaka betona daje dokaz o pridržavanju sastava betona za dotičnu dionicu a time i mogućnost naknadne kontrole kvalitete.

U betonari se temperatura svježeg betona može kontrolirati tako da se po mogućnosti zadrži za kvalitetu betona povoljan raspon od 13-18^{o}C. U vrućim periodima mogu se primijeniti jednostavne metode hlađenja, npr.pokrivanje pijeska, odn. prskanje agregata. Beton koji ima temperaturu svježeg betona ispod +5^{o}C ili iznad +30^{o}C ne smije se ugrađivati.

Za miješanje betona treba predvidjeti vrijeme miješanja od 45-60 sekundi nakon dodavanja vode, ovisno o tipu mješalice. Za betoniranje zimi treba vodu ili agregat dovoljno zagrijati. Voda koja je zagrijana na preko 60^{o}C mora se najprije izmiješati s agregatom za beton.

Tokom transporta treba štititi svježi beton od vremenskih utjecaja. Beton za svod smije se transportirati samo uz miješanje ili se mora miješati u vlastitoj betonari u neposrednoj blizini mjesta gdje će se ugraditi.

Gotove smjese betona moraju se ugraditi najkasnije nakon 2 sata, ovisno o korištenoj vrsti cementa i o temperaturi betona i zraka. Kod prekida betoniranja koja traju preko 3 sata (npr. ispad betonare) površina se mora na vrijeme vibrirati i mora se izvesti radna reška.

Beton svoda se u pravilu transportira pumpama i može se uz korištenje odgovarajućih relejnih pumpi pumpati do 1500 m. Kod dugih cijevi pumpe treba paziti posebno na odgovarajuću rezervu radi potrebne konzistencije betona za ugradnju.

Neodgovarajuća konzistencija (gubitak vode, stvrdnjavanje) može se korigirati dodavanjem odgovarajućeg plastifikatora u mikser.

Ugradnja betona svoda može se vršiti hidrauličkim uređajem za betoniranje, razdjelnom pumpom ili ručnim prebacivanjem preko nastavka za punjenje. Brzina betoniranja i razlika nivoa betona trebaju se održavati prema statičkim uvjetima postolja za oplatu. Uobičajena je maksimalna brzina dizanja do 2,0 m/h, maksimalna razlika nivoa betona ca 1,0 m. Horizontalni razmak od otvora za betoniranje i nastavka za punjenje u pravilu iznosi 3,0 m. Visina pada (razmak izlaznog otvora transportera za beton od nivoa betona) maksimalno 2,0 m.

Kod ručnog vođenja crijeva za betoniranje mlaz betona se usmjerava prema svježem betonu.

Za injektiranje šupljina koje nastaju u sljemenu na svaka 3,00 do 4,00 m u uzdužnom smjeru se predviđaju kontrolne cijevi, čiji gornji rub mora dosezati do 2 cm iznad najviše točke vanjskog svoda.

Zbijanje betona se vrši visoko-učinskim unutarnjim vibratorima ili oplatnim vibratorima. Oplatne vibratore se postavlja jednakomjerno, ovisno o konstrukciji postolja oplate, pri čemu se na svaka 3-4 m^2 oplate predviđa po jedan vibrator.

Vibrator treba tako dimenzionirati da se beton svoda može besprijekorno zbiti u projektiranoj debljini. Učinkovita dubina vibratora iznosi 40-50 cm. Kod vibriranja se stavljaju u pogon oplatni vibratori na dijelu površine betona, ali najviše sljedeći vibrator oplate koji se nalazi ispod.

8-06.4.4 Zahtjevi i mjere nakon ugradnje betona

Skidanje oplate

Treba voditi računa o točkama 8-06.0.2 i 8-07.5. Vrijeme skidanja oplate odnosi se na unutarnju oplatu betona svoda. Čeona oplata se u pravilu skida nakon 3 sata radi kontrole tlačne čvrstoće.

Ugrađeni dijelovi prvenstveno niše u pravilu nakon skidanja unutarnje oplate ostaju dulje u oplati, ovisno o obliku i veličini. Kako bi se izbjegla oštećenja rubova profili prstenastih fuga ostaju duže na betonu, ukoliko nisu fiksno spojeni s čeličnom oplatom.

Njega betona

Kod betoniranja sekundarne obloge u pravilu se njega vrši tekućim kemijskim sredstvima. Sredstva za njegu se primjenjuju što je ranije moguće i to po cijeloj površini i u dovoljnoj količini raspršivačima. U svakom slučaju treba paziti da nije ugroženo prijanjanje premaza koji se nanose naknadno. Kako bi se spriječilo isušivanje ili hlađenje treba poduzeti mjere koje smanjuju jako strujanje zraka (skidanjem portala). Njega otpada kada je relativno visoka vlaga zraka i kada je malo strujanje zraka.

Kada je vrijeme skidanja oplate kraće treba pružiti dokaz potpune njege betona, tako da se beton štiti od prebrzog hlađenja najmanje 3 dana i od isušivanja najmanje 7 dana, kako bi se postiglo zadovoljavajuće stvrdnjavanje dijelova blizu površine pod gradilišnim okolnostima i kako bi se spriječilo nastajanje pukotina.

Njega se provodi korištenjem vozila za njegu s toplinskom izolacijom i s vodovima za raspršivanje vode. Regulacija (ovisno o temperaturi i vremenu) mora biti moguća tako da se temperatura betona nakon skidanja oplate u roku od 3 dana smanjuje istim tempom na temperaturu okoline.

Betonske površine

Betonske površine sekundarne obloge moraju odgovarati zahtjevima za površine vidljivog betona. Na dijelovima oporaca ispod odgovarajućih površina pod oplatom praktički su neizbježne pore promjera 2 cm koje nistu štetne. Kod armiranih sekundarnih obloga dubina pora ne smije biti veća od 1 cm. Kod posebnih zahtjeva, npr. arhitektonsko oblikovanje, otpornosti na sol za otapanje, treba poduzeti dodatne mjere (premazi, voal za drenažu).

Ne moraju se sanirati manje greške koje ne utječu na uporabljivost. Za određivanje popravaka vrijedi da je površinsko skidanje betona, npr. brušenjem uvijek bolje od krpanja jer je trajnije od tankog sloja morta. To vrijedi posebno za plitke površine s greškom. Za uklanjanje tih loših mjesta (npr. gnijezda, pore dublje od 1,0 cm 1,5 cm kod nearmiranog betona sekundarne obloge) treba provesti pripremu podloge kao i popravak odgovarajućim materijalima.

Preporuča se izvesti popravak površinskih mjesta s greškama sa mlaznim betonom.

Kontinuirane pukotine > 0,3 mm moraju se kod armirane sekundarne obloge čvrsto injektirati.

Kod nearmirane sekundarne obloge može se odustati od injektiranja ako je dokazano da radi toga ne postoji nikakva opasnost.

Neizbježno predugačko ozupčenje između pojedinih dionica betona sekundarne obloge u tunelima namijenjenim prometu u pravilu se skriva izvođenjem spojnica. Greške u spojnicama trebaju se izbrusiti.

Kod otvora za punjenje dozvoljeno je odstupanje od projektirane unutarnje površine do 1/5 debljine betona, odnosno najviše 5 cm. To se odnosi i za armirane sekundarne obloge, jer se kod njih armatura na odgovarajući način izrezuje i mijenja.

Kao dodatna zaštita može se za betonsku površinu sekundarne obloge koristiti i impregniranje, brtvljenje ili premazivanje. Posebno se preporučuje zaštita u cestovnim tunelima u donjem dijelu presjeka kao i na portalu s obzirom na poboljšanje otpornosti na sol za otapanje.

Premazi kao zaštita od soli za otapanje i karbonatizacije, za posvjetljivanje ili za olakšavanje čišćenja sekundarne obloge moraju odgovarati zahtjevima EN 1504.Tamo su obuhvaćene i upute za odabir, ocjenu, i primjenu tih proizvoda kao i pripremu betonske podloge (otvaranje krupnih zrna agregata pjeskarenjem ili jakim mlazom vode).

Injektiranje šupljine u kaloti

Nakon zadovoljavajućeg stvrdnjavanja betona svoda, šupljine nastale u kaloti ispunjavaju se kroz položene cijevi za injektiranje stabilnom suspenzijom veziva pod niskim tlakom (ca 1,2 bara). Kompletnost injektiranja se kontrolira izlaženjem morta iz najbliže položenih cijevi, koje se nakon toga zatvaraju.

Kao alternativa u dijelovima s tunelskom izolacijom može se ispunjavanje šupljine stropa izvesti pomoću posebnog za tu svrhu izrađenog i položenog crijeva u sljemenu tunela, s priključnim nastavcima na krajevima dionica.

8-06.5 POSEBNI POSTUPCI

Sekundarna obloga od mlaznog betona

Mlazni beton s funkcijom sekundarne obloge treba u svemu zadovoljavati uvjete poglavlja 7 OTU, knjiga IV, a koristi se:

a) kao jedina obloga (vanjska obloga ima istovremeno funkciju sekundarne obloge),
b) kao sekundarna obloga na vanjskoj oblozi od mlaznog betona bez spajanja,
c) u spoju s vanjskom oblogom (djeluje kao "izvedba s jednom oblogom"),

d) kao sekundarna obloga na izolaciji (npr. voal ili vlaknasta ploča, brtveni sloj iz plastikom modificiranog brtvenog materijala).

Pri tome su dopuštena i slijedeća odstupanja od prethodnih uvjeta za betonsku oblogu:

- Dozvoljena su i brzo stvrdnjavajuća posebna veziva,
- Za povećanje prionjivosti nisko aktiviranih ili neaktiviranih početnih mješavina mogu se dodavati leteći pepeo prema ispitivanju podobnosti, silicijska prašina ili koalin. Kod izolacijskih slojeva moguće je korištenje disperzije polimera,
- Vlakna od plastike ili čelika, i u kombinaciji s armaturom, uglavnom služe za poboljšanje nosivosti i za smanjenje stvaranja pukotina i širina pukotina,
- Kod ugradnje koja traje više od 1,5 sata ili eventualno kod korištenja specijalnih veziva treba koristiti mjere koje usporavaju vezanje veziva,
- Omjer voda/vezivo u pravilu se mora ograničiti na najviše 0,50.

Izvedba s jednom oblogom uvjetuje dimenzioniranje na stvarnu debljinu mlaznog betona. U izvedbi s jednom oblogom treba kod vođenja armature paziti na propuštanje vode (npr. pod pravim kutem na oblogu ili kroz armaturu koja kroz nju prolazi). Neočišćena podloga se mora adekvatno pripremiti prema zahtjevima (npr. visokotlačnim mlazom vode).

Njega se provodi kao i kod betona u oplati sekundarne obloge nanošenjem odgovarajućeg kemijskog sredstva (zbog hrapave površine potrebna je po prilici dvostruka količina u odnosu na betonske površine iz oplate) ili vlaženjem kroz 7 dana (temperirana voda).

Za izvedbu s jednom oblogom na mlazni beton se postavljaju slijedeći zahtjevi:

- najmanje mlazni beton C 20/25, kada je spajanje prema c) tada čvrstoća prijanjanja mora iznositi najmanje 1,0 N/mm^2.

Obloge od betonskih cijevi

Korištenje cijevi izrađenih od montažnih betonskih elemenata za oblogu tunela vrši se u pravilu zajedno s prodorom tunela sa strojevima koji buše puni krug. Glavno područje primjene je izgradnja dugačkih tunela sa stalnim presjekom namijenjenih prometu.

Sekundarna obloga od cijevi sastoji se od montažnih elemenata koji se točno spajaju u zatvoreni prsten sekundarne obloge. Montažni elementi se, ovisno o izvedbi, kod izvedbe s jednom oblogom pomoću ankera ili klinova u uzdužnom i poprečnom smjeru, i ako je potrebno u pravilu odgovarajućom izradom brtve i zatvaranjem spojnica spajaju u vodonepropusnu sekundarnu oblogu.

Prstenasti zazor koji nastaje zbog zaštitne obloge tokom probijanja između brda i obloge injektira se neposredno nakon ugradnje obloge od cijevi cementnom suspenzijom i pod pritiskom. Glavno svojstvo izvedbe obloge od cijevi je baza zaštite i velika brzina izvedbe. Neposredno iza stroja za probijanje tunela nastaje praktički gotova nosiva sekundarna obloga. Zbog rane ugradnje tokom premještanja naprezanja u brdu obloga cijevima odgovara krutoj izvedbi. Kod velikih deformacija brda odabire se obloga od cijevi koja može preuzeti ta opterećenja.

Obloga od cijevi koja je izrađena od montažnih elemenata odgovara vrsti betona C 25/30, vodonepropustan.

Na početku proizvodnje cijevi kontrolira se točnost mjera i geometrija obloge sastavljanjem (spajanjem) bez brtvenih traka.

Kao brtvene trake koriste se neoprenski profili i/ili trake koje bubre (ekspandiraju).

Beton s vlaknatim dodacima

Umjesto konvencionalne armature i za postizanje određenih svojstava betonu se mogu dodavati vlakna. Sada se za sekundarnu oblogu koriste čelična vlakna s odgovarajućim oblikovanjem za ankeriranje u betonu. Također se mogu koristiti staklena i plastična vlakna.

Za osnovni sastav betona, izradu, ugradnju i kontrolu vrijede odredbe ove smjernice. Beton s vlaknatim dodacim se u pravilu može miješati bez posebnih mjera u svakom mikseru i moguće ga je ugrađivati pumpom. Područje primjene je uglavnom pumpani beton ili ekstrudirani beton.

Dodavanje čeličnih vlakana može zamijeniti klasičnu armaturu. Jednolikom trodimenzionalnom raspodjelom vlakana u betonu (minimalni sadržaj vlakana oko 50 kg/m^3 do 60 kg/m^3) postiže se evidentno ograničenje širine pukotina.

Dužina vlakana posebno utječe na obradivost betona i treba se definirati ispitivanjem podobnosti. Kvaliteta materijala, dužine geometrijski oblik vlakana u uzdužnom smjeru i u presjeku kao i površina utječu na obradivost, čvrstoću i deformacije betona. U ispitivanju podobnosti definiraju se svojstva betona s čeličnim vlaknima što se tiče načina, veličine i obima. Za statičko dimenzioniranje od značenja je dijagram naprezanja/rastezanja i ekvivalentna čvrstoća na savijanje.

Dodavanje čeličnih vlakana doprinosi krućoj konzistenciji što se izjednačava dodavanjem superplastifikatora. S povećanim sadržajem vlakana treba se računati s većim sadržajem zraka u svježem betonu, koji se ne može kompletno ukloniti niti s povećanim zbijanjem.

Korisno je povećati udio fine frakcije agregata u doziranju. Ograničenje maksimalne granulacije na 22 mm povoljno utječe na duktilno ponašanje i na čvrstoću na savijanje i omogućava bolje ankeriranje vlakana u betonu.

Jednoliko dodavanje vlakana u mikser provodi se dozatorima. Vrijeme miješanja iznosi 2-4 minute. Dodavanje vlakana moguće je i putem miksera-vozila direktno na mjestu ugradnje uz vrijeme miješanja od 5-6 minuta nakon završenog dodavanja.

U svim slučajevima treba osigurati razdvajanje vlakana. S obzirom na očekivanu otežanu obradivost, prije početka radova treba pomoću predviđenih uređaja provesti probno pumpanje. Zbijanje treba tako definirati da se spriječi slijeganje vlakana.

Nije dozvoljeno izvođenje beskonačno ekstrudirane sekundarne obloge od betona s vlaknatim dodacima kao vodonepropusnog betona. Osiguranje radnih reški vrši se dodatnom armaturom kod prijenosa vlačnih sila. Za spojnice blokova, koje se brtve trakama, treba paziti da se traka zadržava u točnom položaju postavljanjem nosive konstrukcije (rešetkastog luka).

Utvrđivanje sadržaja vlakana u čvrstom betonu vrši se na probnoj jezgri Ø 100 mm i h=100 mm i određuje se na temelju mase. Sadržaj vlakana se izražava kao % u odnosu na volumen probne jezgre.

8-06.6 OBRAČUN RADOVA I PLAĆANJE

Sekundarna betonska obloga u tunelu obračunava se u kubičnim metrima, a obuhvaća teoretsku debljinu sekundarne betonske obloge prema projektu.

Količine za sekundarnu betonsku oblogu izvan teoretske debljine neće se obračunavati, osim za ispunjavanje opravdanog prekoprofilnog iskopa radi nepovoljnih geoloških uvjeta.

Ispunjavanje opravdanog prekoprofilnog iskopa betonom sekundarne obloge mjeri se na licu mjesta prema stvarnim količinama pod uvjetom da potrebna količina betona iznosi više od 2 kubična metra.

Sekundarna betonska obloga za niše obračunava se u kubičnim metrima prema teoretskim debljinama iz projekta.

Sekundarna betonska obloga u podnožnom svodu i temeljnim gredama obračunava se u kubičnim metrima unutar teoretskih debljina danih projektom.

Dodatni beton za sekundarnu oblogu, radi proširenja presjeka ispod cijevnog krova ne obračunava se za naplatu.

Armatura se obračunava po težini, uzimajući u obzir stvarne količine. Pomoćni materijal za učvršćenje ne obračunava se.

Zapreke radi zaštite hidroizolacije tijekom izvedbe armiranja ne obračunavaju se posebno nego su obuhvaćene jediničnim cijenama.

Sav rad i materijal potreban za radove kontaktnog injektiranja ne obračunava se posebno, već je uračunati u jediničnu cijenu sekundarne betonske obloge.

Njega betona i ispunjavanje pukotina ne obračunava se za naplatu i treba se obuhvatiti jediničnom cijenom.

Montažni betonski elementi obračunavaju se u dužnim metrima.

Premazivanje betonske površine obračunava se u kvadratnim metrima duž sekundarne površine obloge. Čišćenje površine je uključeno.

Jedinične cijene za razne stavke plaćanja obuhvaćaju sav rad, opremu i materijal potrebne za potpuno izvođenje radova, uključivo uzimanje uzoraka, ispitivanje i kontrolu kakvoće. Oplata i skele trebaju se obuhvatiti jediničnim cijenama odnosnih stavaka plaćanja.

U slučaju da se otkriju agresivni sastojci u procjednoj vodi tijekom probijanja tunela, sekundarna betonska obloga u tim sekcijama tunela treba se izvesti kao betonska obloga "otporna na sulfate". Sav rad, oprema i materijal koji budu potrebni trebaju se uključiti u dodatno plaćanje za beton "otporan na sulfate".

Jedinične cijene za montažne betonske elemente trebaju obuhvatiti sav rad, opremu i materijal potrebne za kompletno izvođenje radova, uključujući armature i zatvaranje spojnica, kao i prijevoz do gradilišta.

Jedinične cijene za premazivanje obuhvaćaju sav rad, opremu i materijal potrebne za potpuno dovršenje radova.

8-06.7 NORME I TEHNIČKI PROPISI

ENV 1992.	Eurocode 2, projektiranje betonskih konstrukcija
EN 197	Cement - Sastav, specifikacije i kriteriji usklađenosti
EN 197-1	Cement-sastav, uvjetovana svojstva i kriteriji sukladnosti-Dio 1: obični cementi
EN 206	Beton - Karakteristike, proizvodnja, ugrađivanje i kriteriji sukladnosti
EN 450	Leteći pepeo za beton - Definicije, zahtjevi i kontrola kvalitete
EN 934-2	Dodaci betonu, mortu i masama za injektiranje - Dio 2: Primjese za beton - Definicija, specifikacija i kriteriji usklađenosti.
EN 934-5	Dodaci betonu, mortu i masama za injektiranje - Dio 5: Primjese za mlazni beton - Definicija, specifikacija i kriteriji usklađenosti
EN 934-6	Dodaci betonu, mortu i masama za injektiranje - Dio 6: Uzorkovanje, kontrola kvalitete, procjena usklađenosti i označavanje i obilježavanje
EN 1008	Voda za spravljanje betona - uvjetovana svojstva i ispitivanja
EN 1504	Proizvodi i sustavi za zaštitu i popravak betonskih konstrukcija
EN 1542	Proizvodi i sustavi za zaštitu i popravak betonskih konstrukcija - Metode ispitivanja - Mjerenje postizanja vezne čvrstoće
EN 4012	Ispitivanje betona - Određivanje tlačne čvrstoće probnih uzoraka
EN 6275	Ispitivanje betona - Određivanje gustoće stvrdnutog betona
EN 6784	Ispitivanje betona - Određivanje statičkog modula elastičnosti u kompresiji
EN 10080	Čelici za armiranje betona. Zavarivi rebrasti armaturni čelik B 500. Tehnički uvjeti isporuke za šipke, svitke i zavarenu mrežastu armaturu.
EN 10138	Čelik za prednaprezanje, Dio 1 - Dio 5
EN 13670	Izvedba betonskih konstrukcija
EN 12620	Agregat za beton
EN 12364	Ispitivanje betona - ispitivanje dubine prodiranja vode pod tlakom
ASTM 820	Standardna OTU za čelična vlakna za armirani beton
ASTM C 666	Metoda ispitivanja otpornosti betona na brzo zamrzavanje i odmrzavanje
ASTM C 672	Otpornost na ljuštenje površine betona izložene kemikalijama za odleđivanje
ASTM A 820	Specifikacija za čelična vlakna za beton ojačan vlaknima
DIN 1048	Ispitivanje betona
DIN 4062	Plastični materijali za spajanje dobiveni hladnim postupkom za kanalizacijske cijevi, vezivni materijali za predgotovljene dijelove betona, uvjeti, ispitivanje i obrada.